Aus der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Untersuchung über die Belastungsverteilung unter Oberkiefertotalprothesen, deren Basis über dem Alveolarkamm und der Raphe hohlgelegt wurde, im Vergleich mit üblichen Oberkiefertotalprothesen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Klaus Zerres
aus Tübingen

1968

9574

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547604_0062

Aus der Klinik und Poliklinik
für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
der Universität Tübingen
Direktor: Professor Dr. Dr. Eugen Fröhlich

Untersuchung über die Belastungsverteilung unter Oberkiefertotalprothesen, deren Basis über dem Alveolarkamm und der Raphe hohlgelegt wurde, im Vergleich mit üblichen Oberkiefertotalprothesen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Klaus Zerres
aus Tübingen

1968

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. W. Graumann

1. Berichterstatter: Dozent Dr. E. Körber
2. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. E. Fröhlich

FOTODRUCK PRÄZIS Barbara v. Spangenberg KG · Tübingen

Meinen Eltern und meiner Frau
gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	Einleitung	
	1. Problemstellung	1
	2. Literaturübersicht	3
	3. Vorbemerkung zur Druckaufnahme des harten Gaumens	11
II.	Methodik	
	1. Disposition	16
	2. Meßgerät	16
	3. Hub, Zeitkonstante und Temperaturempfindlichkeit der verwendeten Meßkapsel	17
	4. Herstellung der Versuchsprothesen	18
	5. Einbau der Meßkapseln	20
III.	Versuchsreihe	
	1. Durchführung der Versuche	25
	2. Auswertung der Registrierstreifen	26
	3. Beispiel der Belastungsdiagramme, gezeigt am Meßgang eines Probanden	27
	4. Zusammenstellung der Meßwerte aus den einzelnen Protokollblättern	34
IV.	Ergebnisse	46
	Folgerungen	51
V.	Zusammenfassung	53
VI.	Literaturverzeichnis	55

Lebenslauf

I. EINLEITUNG

1. PROBLEMSTELLUNG

Mit der Totalprothese werden einem zahnlosen Patienten seine verlorengegangenen mastikatorischen und phonetischen Funktionen wiedergegeben. Doch trotz des Fortschritts der wissenschaftlichen Prothetik und der Schaffung neuer und besserer Materialien kann die Totalprothese noch immer nicht der ärztlichen Grundforderung des "nil nocere" völlig genügen. Dies würde bedeuten, daß sie keine Schäden, weder direkt noch indirekt auf ihre lebende Unterlage und die dazugehörigen funktionellen Einheiten ausüben dürfte (FRÖHLICH, E.). Das Problem besteht darin, daß ein starrer, unnachgiebiger Körper auf eine bewegliche und lebende, also reaktionsfähige Unterlage gesetzt wird, wobei über die Prothese auf diese Unterlage, das Prothesenlager, verschieden starke und zeitlich unterschiedlich lang andauernde Kräfte je nach funktioneller Beanspruchung übertragen werden. Für Belastungen dieser Art ist jedoch das Prothesenlager von Natur aus nicht geschaffen. Vergleichsweise entspricht dieser Vorgang nur der Belastungsweise an Ferse oder Fußballen, welche hierfür aber entsprechend mit dicker Hornhautschicht und einer druckverteilenden Fettgewebsschicht ausgestattet sind (HÄUPL, K.).

Welche Reaktionen diese atypischen und unphysiologischen Kräfteeinwirkungen der Prothese bei den darunter liegenden Geweben auslösen, war Ziel pathohistologischer Untersuchungen von GROHS, R., HÄUPL, K. und FRÖHLICH, E. . An Hand histologischer Präparate von Leichenkiefern, welche durch eine Prothese belastet worden waren, konnten sie die schädlichen Folgen der Druckwirkung auf das Gewebe nachweisen. In allen Fällen war auffälligster und charakteristischer Befund der

stattgefundene und zum Teil noch anhaltende Knochenabbau. FRÖHLICH, E. stellte auf Grund seines umfangreichen Beobachtungsgutes eindeutig fest, daß der Knochenabbau sich gänzlich auf den Alveolarkamm und die buccale Kieferfläche beschränkt. Im Hinblick auf diese Tatsache fordert er und später auch HEINTZ, U. die Entlastung des übermäßig beanspruchten Alveolarkammes. Sie könnte einmal erreicht werden, indem höckerlose Zähne zur Aufstellung kämen, da sie im Gegensatz zu Höckerzähnen weniger horizontale Schubkräfte über die Prothese auf das Prothesenlager ausüben würden. Desweiteren sollte der unterschiedlichen Resilienz der Oberkieferschleimhaut Rechnung getragen werden, wobei Bezirke größerer Nachgiebigkeit eher belastet werden sollten als weniger nachgiebigere, um damit einen gewissen Belastungsausgleich zu schaffen. Hierfür sei der Kompressionsabdruck besonders geeignet. Zur Diskussion stellt FRÖHLICH, E. eine noch weitergehende Maßnahme. Dabei soll der Alveolarkamm auf dem nach einem Kompressionsabdruck gewonnenen Arbeitsmodell mit einer schmalen Zinnfolie abgedeckt werden. Auf diese Weise würde die Prothesenbasis über dem Alveolarkamm geringfügig hohlgelegt,und somit der Alveolarkamm völlig auf Kosten des harten Gaumens entlastet.

In der vorliegenden Arbeit wird nun dieser von FRÖHLICH, E. zur Diskussion gestellte Vorschlag auf seine Wirksamkeit untersucht und ermittelt, inwiefern ein Unterschied in der Belastung des Alveolarkamms einerseits und des harten Gaumens andererseits zwischen einer üblichen Totalprothese und einer Prothese besteht, deren Basisfläche im Bereich des Alveolarkammes um 0,5 mm und im Bereich der Raphe um etwa 0,35 mm hohlgelegt wurde.

2. LITERATURÜBERSICHT

Mit der Pathologie des Prothesenlagers setzten sich im besonderen GROHS, R., HAUPL, K. und FRÖHLICH, E. auseinander. Übereinstimmend fanden sie, daß das charakteristische Merkmal eines durch eine Prothese belasteten Kiefers der Abbau seines Knochengewebes ist. Nach FRÖHLICH, E. ist der Knochenabbau im Oberkiefer auf den Alveolarkamm und die buccale Kieferfläche beschränkt. Grund hierfür ist erstens die unterschiedliche Dicke des Oberkieferweichteillagers, das nach LUND, O. in eine fibröse Randzone, eine fibröse Medianzone und die dazwischen liegende Fett- und Drüsengewebszone eingeteilt werden kann, wobei nach FRÖHLICH, E. die fibröse Zone in ihrer Dicke nur 1/4 bis 1/8 der Fett- bzw. Drüsengewebszone ausmacht. Zweitens die Tatsache, daß der Gaumen einmal schon durch seine dickere Weichteilschicht, zum anderen noch infolge der Aufteilung der an ihm auftretenden Kräfte gemäß dem Parallelogramm der Kräfte ungleich weniger belastet wird als der Alveolarkamm (FRÖHLICH, E.). Damit wird auch erklärt, warum der Knochenabbau wie FRÖHLICH, E. schreibt "schlagartig" an der Stelle aufhört, wo der Alveolarkamm schräg zur Gaumenplatte ansteigt. Auffallend ist dabei jedoch, daß an der Raphe, die ja dieselbe Weichteilbedeckung wie die fibröse Randzone besitzt, von FRÖHLICH, E. keinerlei Anzeichen von Osteoklase gefunden werden konnte, und GROHS, R. nur an einem Präparat und da an einer Stelle solche glaubte festzustellen. FRÖHLICH, E. erklärt dies als unterschiedliche Widerstandsleistung des Oberkieferknochengewebes, wobei ganz offensichtlich der Bau des Kieferkörpers im Gegensatz zum Alveolarfortsatz außer vom Zahnsystem auch noch funktionellen Einflüssen des Gesichtsschädels unterliege. Als zusätzliche Faktoren des Knochenabbaus sind noch zu nennen: Ungünstige Okklusion und Artikulation, ungenügende Paßgenauigkeit der Prothesenbasisfläche und örtlich übermäßige Belastung, z. B. durch ein anteriores Restgebiß ohne prothetischen Ersatz der Seitenzähne. Diese Faktoren sind jedoch

bei einiger Sorgfalt im Arbeiten vermeidbar. Bemerkenswert ist, daß nach Untersuchungen von FRÖHLICH, E. auch ein von einer Prothese nicht belasteter Alveolarkamm Knochenschwund erleidet im Sinne einer hypoplastischen Atrophie, wenngleich in weit größeren Zeitabschnitten als bei Belastung durch eine Prothese.

Zusammenfassend kommen GROHS, R., HAUPL, K. und FRÖHLICH, E. zu der Überzeugung, daß der Abbau des Alveolarknochens eine Reaktion des Körpers darstelle, sich an die Belastung durch die Prothese anzupassen. Mit der Dickenzunahme des derbfaserigen Kammgewebes und dem damit verbundenen Schwund des Alveolarknochens würde die Intensität der einwirkenden Kräfte auf den Knochen ausgeglichener und auf ein tragbares Maß reduziert. Nach erfolgter Anpassung trete eine Zeit relativer Ruhe am Knochen ein, ausgenommen Fälle, bei denen ein insuffizientes Prothesenlager vorliege (FRÖHLICH, E.).

In neuester Zeit stellt JANKE, G. die Behauptung in Frage, daß Knochenabbau durch Druckeinwirkung in der Form eintrete, wie GROHS, R., HÄUPL, K. und FRÖHLICH, E. angenommen hatten, d.h. durch die infolge der funktionellen Beanspruchung der Prothese intermittierende Belastung des Prothesenlagers. Es erscheint ihm zweifelhaft, ob eine Überlastung des Alveolarkammes und damit das Auftreten der Osteoklase überhaupt eintreten konnte, ohne daß jemals subjektiv beim Patienten die Schmerzschwelle erreicht wurde. In Versuchen am Modell und schließlich an Patienten versuchte JANKE, G. darzulegen, daß hierfür Durchblutungsstörungen verantwortlich wären, welche an den vestibulären und hier noch besonders an den labialen Flächen der Alveolarkammschleimhaut auftreten würden. Auf diese Weise würde die terminale Durchblutung behindert. Je nach Stärke des Dauerdruckes entstände daraus eine Behinderung bzw. ein völliges Sistieren der Trophik, was dann als Reaktion den Kammschwund zur Folge hätte. Diese Druckerscheinungen könnten auftreten bei unsach-

gemäßer Behandlung von Prothesenmaterialien, wobei eine Schrumpfung des Werkstückes eintrete, welches sich in einer Klemmwirkung auf die vestibuläre Fläche des Alveolarkammes und hier besonders auf ihren labialen Anteil auswirke. Eine weitere Ursache wäre die Verlagerung der Prothese auf ihrer Unterlage, wie sie unter anderem bei Parafunktionen auftrete. Zur Anämisierung der Schleimhaut genügten schon 100 bis 200 gr. in okklusaler und 50 gr. in fronto-occipitaler Richtung.

Auf Grund ihrer pathohistologischen Untersuchungen konnten GROHS, R., HÄUPL, K. und FRÖHLICH, E. die Forderung nach einer ausgeglichenen Okklusion und Artikulation und nach einer genauen Wiedergabe des Prothesenlagers im Abdruck bekräftigen. Im einzelnen schlug GROHS, R. vor die Modelle an Stellen nur dünner Weichteilbedeckung mit Bleifolie abzudekken bzw. am Abdruck zu radieren, um auf diese Weise den Weg der Prothese in Richtung Knochen besonders am Kieferkamm bei der Belastung annähernd gleich zu gestalten. HÄUPL, K. stellte sich in seiner Schlußfolgerung gegen die nach den Regeln des Artikulationsgesetzes aufzustellenden Höckerzähne, da sie den Kieferkamm zu sehr beanspruchen würden und zu unerwünschtem Knochenabbau Anlaß geben könnten. Er empfiehlt die Verwendung höckerloser Zähne, um eine ungehinderte Gleitbewegung zu garantieren. FRÖHLICH, E. befürwortet wie oben erwähnt ebenfalls höckerlose Zähne und setzt sich außerdem für den Kompressionsabdruck ein. Desweiteren macht er auf die Verwendung von Kaufunktionsschienen im Seitenzahngebiet aufmerksam. Mit ihnen sei für die Zerkleinerung der Nahrung nur eine geringe Kaudruckkraft erforderlich und Horizontalschübe in sagittaler Richtung könnten ganz vermieden werden. Um eine noch weitergehende Entlastung des Alveolarkammes zu erreichen, schlägt FRÖHLICH, E. vor, die Basisfläche von Oberkiefertotalprothesen über dem Alveolarkamm geringfügig hohlzulegen mittels einer schmalen Zinnfolie auf dem Arbeitsmodell. Dabei könnte man sich auf den frontalen Anteil be-

ginnend beim 1. Prämolar beschränken, da dieser Abschnitt erfahrungsgemäß einem schnelleren und stärkeren Abbau unterliege. Auf diese Weise müßte es möglich sein, die Hauptlast des Prothesendruckes in weniger empfindliche Gebiete verlagern zu können.

Für die Entlastung des Alveolarkammes setzt sich auch HEINTZ, U. ein. Mit dem von ihm entwickelten sog. HEINTZ'-schen Kompressionsring, einer flachen und muldenförmigen Radierung mit einer Breite von 6 mm und einer Tiefe von 0,5 bis 0,8 mm, "die ringförmig um das Gebiet des harten Gaumens verläuft", glaubt er dieser zu entsprechen. Zu bemerken bleibt jedoch, daß hiermit wohl weniger eine Entlastung des Kieferkammes bei den vertikal auf die Prothese treffenden Kräfte erfolgt, als vielmehr eine Minderung der horizontalen infolge einer besseren Lagerung und Haftfähigkeit der Prothese. Eine Mehrbelastung des harten Gaumens empfehle sich, da dieser schon während der normalen Funktion stets auf Druck beansprucht werde und sich deshalb für eine Prothesenbelastung eher anböte als der Alveolarkamm.

Auf die Frage, inwieweit nun der harte Gaumen tatsächlich besser geeignet zur Aufnahme von Druck ist als der Alveolarkamm, gibt ROHEN, J. in einem Artikel über die Architektur der Mundschleimhaut Antwort. Auf Grund histologischer Untersuchungen findet ROHEN, J, daß die Submucosa des harten Gaumens nicht wie üblich eine Verschiebeschicht, sondern an Hand ihrer besonderen Konstruktion ein "druckelastisches System" darstelle, ähnlich dem Fußsohlen- oder Fersenpolster. Bezeichnend hierfür sei einmal die bindegewebige Faserarchitektur, desweiteren die in kugelförmige, miteinander, mit der Unterlage und mit der Oberfläche verbundenen Fett- bzw. Drüsenläppchen des harten Gaumens. Durch sie werde jeder einseitig auf die Schleimhaut wirkende Druck in einen allseitig auf die Läppchen wirkenden, also hydrostatischen Druck umgewandelt. Als weiteres Kriterium einer Druckkon-

struktion des harten Gaumens dient sein besonderer Gefäßreichtum sowie die aufwendige Versorgung seiner größeren Arterien mit einem adventitia - ähnlichen Venengeflecht und einem spezifischen Mantel aus Fettgewebe als Sicherung gegen lokale Druckeinwirkungen.

Eine verbindliche Aussage über die Größenordnung der für das pathologische Geschehen am Prothesenlager verantwortlichen Kräfte konnten erst in neuerer Zeit eine kleine Anzahl von Autoren machen, die die Schleimhautbelastung direkt unter einer Prothese gemessen hatten. Bis dahin waren hierüber nur Angaben durch Modellversuche oder theoretisch mathematische bzw. physikalische Überlegungen möglich.

In einem solchen Modellversuch suchten VOSS, R. und SCHWICKERATH, H. zu klären, "wie der Druck der Prothesenplatte auf das Prothesenlager weitergegeben wird". Sie konnten zeigen, daß in Gegend des 2. Prämolaren und 1. Molaren, dem sog. Kauzentrum, der günstigste Ort für eine Druckverteilung liegt. Es wurde eine ebene, rechteckige und starre Platte, auf welcher ein Zahnbogen aufgezeichnet war, an den Stellen der einzelnen Zähne belastet. Hierbei waren die an der Basisfläche aufgetretenen Randspannungen am geringsten im Bereich des Kauzentrums.

PFAU, H. untersuchte in einem ähnlichen Modellversuch die Belastungsverteilung unter einer stilisierten, halbelliptischen und ebenen Oberkieferplatte auf einer elastischen Unterlage. Die Belastungspunkte befanden sich auf der Platte in Gegend des mittleren Schneidezahnes, im Kauzentrum und in Gegend des 2. Molaren. Während der Belastung der einzelnen Punkte wurden die an der Oberfläche der elastischen Schicht auftretenden Drucke über eine auf kapazitiver Grundlage beruhende Meßkapsel mit einem Registriergerät aufgezeichnet. PFAU, H. stellte fest, daß nur bei Belastung im Kauzentrum auf der Belastungsseite sowohl am Gaumen wie auch

am distalen Plattenende ein Druck auf der Unterlage gemessen werden konnte zusätzlich zu dem unter dem Einwirkungsort.

In einer weiteren Studie zur Belastung des Prothesenlagers geht VOSS, R. auf das Problem der elastischen Nachwirkung der als Prothesenmaterialien verwendeten Kunststoffe ein. Sein Modellversuch ergab, daß Kunststoff während einer Dauerbiegebelastung seinen Elastizitätsmodul verringert und eine bleibende Verformung aufweist (= elastische Nachwirkung). Nachuntersuchungen bei 10 Patienten, deren Oberkiefertotalprothesen an ihrer Basisfläche mit Meßmarken versehen waren, konnten diese Beobachtung auch an Prothesen bestätigen. Ohne Ausnahme hatten sie sich während ihrer Tragedauer von vier Monaten bleibend verformt und erlitten noch zusätzlich eine vorübergehende weitere Verformung während des Kauens. "Es konnte dabei festgestellt werden, daß die letzten Molaren sich etwas nach außen bewegen, und daß sich der Mittelabschnitt der Gaumenplatte, besonders der distale Randabschnitt vom Kiefer ablöst, während die Platte in der Gegend der Tubera besonders stark aufgebogen wird." VOSS, R. erklärt damit die stärkere Beanspruchung der Alveolarfortsätze und den Grund, weshalb GROHS, R. und FRÖHLICH, E. in der Mitte des Gaumens keine Resorptionen finden konnten. Der geringe Elastizitätsmodul stelle noch insofern ein weiteres Problem dieser Prothesenwerkstoffe dar, als sie sich bei der Einwirkung der Kaukraft verformen und damit die Kraft auf die Unterlage nicht mehr gleichmäßig verteilt werde. Daher ergeht seine Forderung nach einer absolut starren Platte. Sie würde eine gleichmäßige Verteilung der Kaukraft auf die Unterlage aus Schleimhaut und Knochen ermöglichen.

All diese Untersuchungen konnten jedoch trotz großer Bemühungen keinen Aufschluß über die tatsächlich auf das Prothesenlager einwirkenden Kräfte unter einer Totalprothese erbringen.

Mit der direkten Messung der Kräfte, die unter einer Totalprothese auf die Schleimhaut wirken, beschäftigte sich 1955 als erster STROMBERG, W. .Er untersuchte bei zwei Probanden die horizontalen Kräfte, die beim Kauen von verschiedenen Testspeisen an der buccalen Seite des Alveolarfortsatzes auftreten, einmal bei einer Prothese mit Höckerzähnen, zum anderen bei einer mit höckerlosen Zähnen. Gemessen wurden diese Kräfte mit einem frei beweglich in die buccale Flanke der Totalprothese eingebauten 25 mm^2 großen Stempel, der über eine Blattfeder mit einem Dehnungsmeßstreifen verbunden war. Über eine Wheatstone'sche Brücke konnten die Werte ermittelt werden. Die horizontale Belastung betrug zwischen 20 und 110 gr.. Es war auffallend, daß mit Höckerzähnen geringere horizontale Belastungen erzielt wurden.

Wie sehr jedoch diese Methode der Messung mit dem Dehnungsmeßstreifen noch mit Fehlern behaftet war, zeigte LAWSON, W. R. an Modellversuchen. Er wies nach, daß die von STROMBERG, W. gefundenen Werte den in Wirklichkeit aufgetretenen nicht entsprechen würden und zu gering seien. Ursache sei der verhältnismäßig große Hub des Stempels, ferner die Temperaturempfindlichkeit des Meßstreifens. STROMBERG's Ergebnisse hätten demnach nur relativen Charakter.

Brauchbare Werte unter Oberkiefertotalprothesen bestimmten erstmals KÖRBER, E. und in weiteren Untersuchungen PFAU, H., HERMANN, D. und FEIFEL, G. . Sie benutzten für ihre Druckmessungen einen kleinen, auf kapazitivem Prinzip beruhenden Druckaufnehmer, der in die Prothesenbasis eingebaut wurde und mit einem 0, 25 cm^2 großen, freibeweglichen Stempel mit der Basisfläche verbunden war. Hiermit konnten ohne Behinderung der Okklusion und des Kauvorgangs die an der Schleimhaut auftretenden Kräfte under der Prothese während der Funktion bestimmt werden.

KÖRBER, E. ermittelte am Alveolarkamm in Gegend des Kauzentrums und am Gaumen die Schleimhautbelastungen während des Kauens verschiedener Testspeisen und beim Schlucken für die Kauseite und die Nichtkauseite. Außerdem untersuchte er den zeitlichen Ablauf der Druckbelastung und die Kaufrequenz. Seine Kauwerte betrugen im Durchschnitt auf dem Alveolarkamm 5,2 kp/cm^2 und am Gaumen 0,9 kp/cm^2.

PFAU, H. führte seine Messungen ebenfalls auf dem Alveolarkamm im Kauzentrum durch, am Gaumen in Höhe des Eckzahnes. Seine Kauwerte betrugen am Kieferkamm durchschnittlich 6,4 kp/cm^2 und am Gaumen 2 kp/cm^2.

FEIFEL, G. untersuchte die Kaukräfte am Alveolarkamm in Gegend des 1. Molaren und die Größenordnung der horizontal am Kieferkamm in Höhe des 1. Molaren einwirkenden Kräfte. Für das Kauzentrum fand er auf dem Alveolarkamm Kauwerte von durchschnittlich 5,6 kp/cm^2, lateral am Alveolarkamm von 2 kp/cm^2.

Den Einfluß der Abdruckmethode auf die Belastungsfähigkeit der Prothese und ihren Belastungsausgleich stellte mit dieser Methode der kapazitiven Druckmessung HERMANN, D. fest. Er wies nach, daß bei einer nach Funktionsabdruck (Kompressionsabdruck) hergestellten Totalprothese eine bessere Belastungsverteilung eintritt gegenüber einer nach einem Situationsabdruck hergestellten. Mit einer solchen Prothese kann am Alveolarkamm eine um etwa 1/3 höhere, am Gaumen eine um etwa die Hälfte höhere Belastung erzielt werden gegenüber der nach einem Situationsabdruck hergestellten Prothese. Seine Werte für die Prothese nach Funktionsabdruck: Am Alveolarkamm mit dem Meßpunkt im Kauzentrum zwischen 5,2 und 8 kp/cm^2, am Gaumen mit dem Meßpunkt in Höhe des 2. Molaren zwischen 1,3 und 2,44 kp/cm^2.

In neuester Zeit hat WINDECKER, D. eine Doppelmeßdose konstruiert, mit der sich an derselben Stelle die okklu-

sal auftretenden Kaukräfte und ihre Weitergabe an die darunterliegende Schleimhaut messen läßt. Die Meßdose beruht auf dem Prinzip des Dehnungsmeßstreifens. Verwendet wurde sie zu vergleichenden Messungen verschiedener Konstruktionen partieller Unterkieferprothesen.

3. VORBEMERKUNG ZUR DRUCKAUFNAHME DES HARTEN GAUMENS UNTER TOTALPROTHESEN

Die ungleichmäßige Belastungsverteilung unter einer Oberkiefertotalprothese beruht nicht zuletzt auch auf einem mechanischen Moment. Der Oberkiefer stellt nicht eine plane Fläche dar, wo der Druck im Idealfall überall gleichermaßen einwirken könnte, sondern eine unterschiedlich gewölbte Fläche, die charakterisiert ist durch den Alveolarkamm und den Gaumen. Die Kräfte, welche die Prothese hauptsächlich treffen, verlaufen senkrecht zu ihrer Oberfläche und werden auch senkrecht weitergegeben. Das bedeutet, daß sie senkrecht auf die Alveolarkammkuppe auftreffen, anders jedoch an den Seitenflächen des harten Gaumens. Hier kommen sie bedingt durch dessen Wölbung nicht mehr senkrecht, sondern in einem Winkel an. Somit zerfällt die auftretende Kraft nach dem Parallelogramm der Kräfte in zwei Komponenten: In eine, die tangential zur Oberfläche wirkt,und in eine, die senkrecht zu ihr verläuft (FRÖHLICH, E.). Nur letztere wird also die Kraft sein, die den Knochen trifft. Das bedeutet aber, daß sie seitlich am Gaumen nicht mehr in ihrer ursprünglichen Größe einwirkt und hier somit geringer ist als am Alveolarkamm.

Obgleich man im biologischen Geschehen die Mechanik nicht überbewerten soll, möchten wir diesen Gedanken doch noch etwas ausführen. Es soll damit die Schwierigkeit, wenn

nicht gar die Unmöglichkeit einer gleichmäßigen Belastungsverteilung am Prothesenlager aufgezeigt werden. Auf Grund der nun folgenden Ausführungen möchten wir auch der Auffassung von VOSS, R. widersprechen, daß mit einer absolut starren Platte eine gleichmäßige Verteilung der Kaukraft auf das Prothesenlager ermöglicht würde.

Für die theoretische Überlegung diene ein stilisierter Frontalschnitt des Alveolarkamms mit angrenzendem Gaumen, zunächst einmal ohne Berücksichtigung einer Weichteilauflage. Die Belastung mit der Kraft c erfolge durch eine vollkommen starre Platte. Hierbei ergibt sich folgende Situation der Druckverteilung unter der Platte:

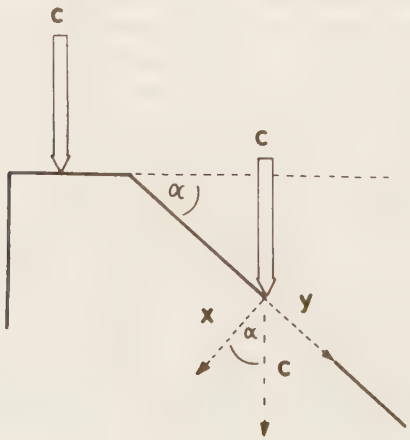

Abb. 1: Stilisierter Alveolarkamm mit angrenzendem Gaumen aus einem Frontalschnitt durch den Oberkiefer. Darlegung der Druckverhältnisse am Gaumen. Erklärung im Text.

Nach dem Parallelogramm der Kräfte zerfällt die am Gaumen einwirkende Kraft c in die Komponenten x (= senkrecht zur Oberfläche) und y (= tangential zur Oberfläche). Die Größe x kann nach der Cosinus - Funktion errechnet werden:

(1) $\cos \alpha$ = Ankathete : Hypotenuse

= x : c

danach ist $x = \cos \alpha \cdot c$

Beispiel: Beträgt der Winkel $\alpha = 60^{\circ}$, c = 5 kp, so lautet die Gleichung:

$x = \cos 60^{\circ} \cdot 5$ kp

$x = 0{,}5 \cdot 5$ kp

$x = 2{,}5$ kp

Mit zunehmendem Winkel wird die an der Gaumenfläche senkrecht zur Wirkung kommende Kraft x kleiner. Bei einem Winkel von $\alpha = 90^{\circ}$ ist sie gleich Null.

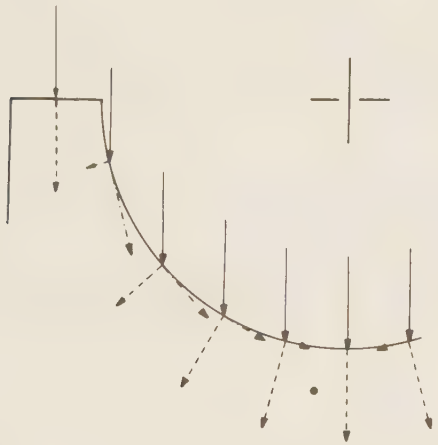

Abb. 2: Teil eines stilisierten Gaumens (Halbkreis) mit Alveolarkamm im Frontalschnitt. Belastungsverteilung unter einer starren Platte auf starrer Oberfläche. ---→ Größe der senkrecht zur Oberfläche wirkenden Kraft, -·-·→ Größe der tangential dazu verlaufenden Kraft.

Nun versehen wir den stilisierten Teilausschnitt des Alveolarkamms und des Gaumens mit einer gleichmäßig dicken elastischen Schicht. Bei Belastung der Oberfläche senkrecht zum Alveolarkamm stellen wir folgendes fest:

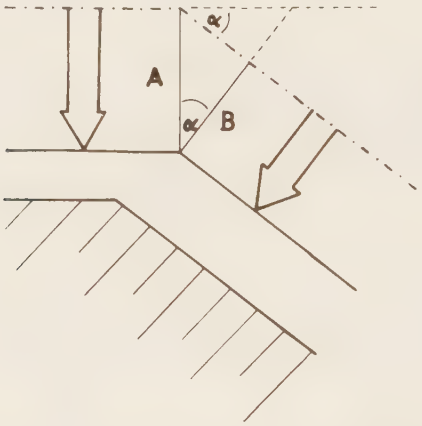

Abb. 3: Stilisierter Alveolarkamm mit angrenzendem Gaumen aus einem Frontalschnitt durch den Oberkiefer, bedeckt mit einer gleichmäßig dicken elastischen Schicht. Zustand bei senkrechter Belastung durch eine starre Platte. Ausmaß der Einsinktiefe am Gaumen. -·-·- = Höhe der elastischen Schicht vor der Belastung. Erklärung im Text.

Die elastische Schicht wird durch den auftretenden Druck der Platte bis zu einem gewissen Grad verformt. Die Pressungstiefe auf dem Alveolarkamm ist größer, da die einwirkende Kraft hier auch stärker als am Gaumen ist, wie oben dargelegt wurde (1). Auch für die Pressungstiefe der Schleimhaut gilt:

$$(2) \qquad \cos\alpha = B : A$$

$$B = \cos\alpha \cdot A$$

Entsprechend (1) gilt deshalb auch hier, daß mit zunehmendem Winkel α die Pressungstiefe abnimmt, da dabei die Kraft senkrecht zur Oberfläche immer geringer wird, bis sie schließlich bei 90° gleich Null ist.

Auf Grund dieser einfachen Überlegung müßte für den Idealfall die Weichteilbedeckung des Oberkiefers genau umgekehrt als in Wirklichkeit gestaltet sein: Dick auf dem Alveolarkamm und an der Raphe, dünn an den Seitenflächen des harten Gaumens. Doch trotz der vorliegenden Verhältnisse läßt sich ein gewisser, wenn auch geringer Belastungsausgleich erreichen. Eine Methode hierfür ist der Kompressionsabdruck, wie HERMANN, D. nachgewiesen hat. Bei ihm wird die verschiedene Resilienz des Schleimhautlagers bis zu einem gewissen Grade während der Abdrucknahme berücksichtigt, wobei Teile größerer Resilienz stärker verdrängt werden. Damit tritt bei Belastung durch die Prothese zunächst eine Pressung der Schleimhautanteile mit größerer Dicke ein, bevor dünnere Bezirke mitbetroffen werden. Der Prothesendruck wird in seiner Intensität für den darunterliegenden Knochen etwas ausgeglichener. Stellt man sich aber das mächtige Weichteilpolster des harten Gaumens vor und setzt damit dann die effektive Einsinktiefe bei der Belastung ins Verhältnis, welche nur einen Teil oder wenig mehr der sehr beschränkten Einsinktiefe des Alveolarkamms ausmacht, kommt man zu der Überlegung, daß bei Anwendung eines Kompressionsabdruckes allein die Kapazität des harten Gaumens zur Druckaufnahme nicht ausgeschöpft werden kann. Hierzu bedarf es eines weiteren Schrittes. Deshalb soll hier der mit derber, nur gering nachgiebiger Schleimhaut versehene Alveolarkamm und die Raphe noch weiter entlastet werden durch eine Prothese, deren Basisfläche über diesen Gebieten hohlgelegt ist. Auf diese Weise soll ein größerer Anteil des gesamten, unter einer Prothese wirkenden Druckes auf den harten Gaumen übertragen werden als bisher.

II. METHODIK

1. DISPOSITION

In der vorliegenden Arbeit werden zwei verschiedene Arten von Oberkiefertotalprothesen in ihrer Druckausübung auf die Schleimhaut untersucht. Es soll geprüft werden, ob die nach einem Vorschlag von FRÖHLICH, E. gefertigte, an der Basisfläche im Bereich des Alveolarkammes und der Raphe geringfügig hohlgelegte Prothese eine günstigere Relation der Druckverteilung zwischen Alveolarkamm und Gaumen erzielt als die auf übliche Art und Weise hergestellte Prothese. Zu diesem Zweck wird bei 11 Versuchspersonen die Schleimhautbelastung auf dem Alveolarkamm und am harten Gaumen (Drüsenzone) jeweils in Höhe des ersten Molaren registriert, einmal bei der üblichen Prothese und dann bei der teilweise hohlgelegten Prothese. Als Testspeisen dienen Vollkornbrot und ungesalzene Erdnüsse. Am Ende einer jeden Kaufolge wird die Schluckbelastung gemessen. Außerdem wird bestimmt, wie groß die Schleimhautbelastung bei aktivem Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft ist und welche Belastung beim Trinken von Flüssigkeit (Wasser) auftritt. Die Kau- und Schluckbelastungen werden für die Kauseite und für die Nichtkauseite ermittelt.

2. DAS MESSGERÄT

Für die Druckmessung wurden Meßkapseln benutzt, die in Zusammenarbeit von HOFMANN, M., KÖRBER, E. und dem Institut Dr. FÖRSTER, Reutlingen entwickelt worden waren. Ihre Entwicklung, ihr Aufbau und ihre Eichung sowie die Beschreibung des Registriergerätes ist bei KÖRBER, E., HOFMANN, M., DIEMER, R. und BEYER, K. nachzulesen.

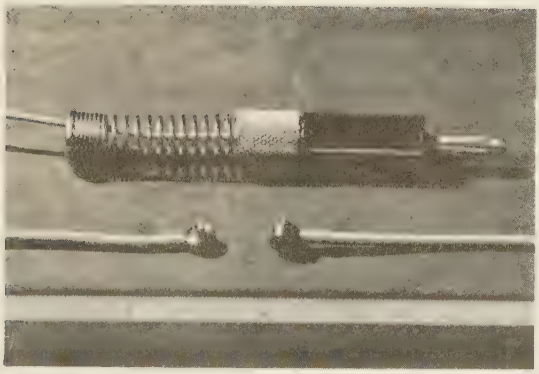

Abb. 4: Zwei Meßkapseln mit Stecker. Ein Lineal zum Größenvergleich.

3. HUB, ZEITKONSTANTE UND TEMPERATUREMPFINDLICHKEIT DER VERWENDETEN MESSKAPSEL

Der Stempel der Meßkapsel muß zur Umwandlung des auf ihn einwirkenden Druckes in eine elektrische Spannung einen gewissen Weg zurücklegen, den sog. Hub. Bei unseren Versuchen lag der Hub der verschiedenen zur Anwendung gekommenen Kapseln zwischen 0 und maximal 11 μ. Diese Werte sind in ihrer Dimension so klein, daß die mit Hilfe der Meßkapsel gewonnenen Druckwerte in ihrer Größe nicht korrigiert werden müssen.

Das Wesen des induktiven Systems ist der kurze Stromstoß. Um dieses Prinzip für unsere Messungen brauchbar zu machen, bedurfte es einer Vorrichtung im Registriergerät, die den Abfall des Stromstoßes zeitlich verzögert. Die Dauer der Verzögerung ist bestimmt durch den Begriff der Zeitkonstante: Das ist die Zeit, in der die Registrierkurve bei gleichbleibendem Druck auf die Meßkapsel vom Maximum bis zu 37% des Maximalausschlages absinkt. In unserer Meßanordnung

beträgt sie ca. 1,7 sec. KÖRBER, E., PFAU, H., HERMANN, D. und FEIFEL, G. hatten bei ihren Untersuchungen einen kapazitiven Druckgeber verwendet, der theoretisch eine unendliche Zeitkonstante erlaubte. Da die normale Kaufrequenz etwa 0,5 sec. beträgt, und die registrierten Belastungscharakteristika eine Dauer von etwa 0,2 bis 1,5 sec. besitzen, kann auch mit der induktiven Methode eine ausreichende Aussage über den Belastungsablauf gemacht werden.

Der Einfluß der Temperatur auf die Wiedergabe der Druckwerte wurde duch gleiche Belastungen der Meßkapsel im Wasserbad bei 20°, 30° und 40° C überprüft. Hierbei ergaben sich praktisch keine Differenzen der Hubwerte. Somit konnte für unsere Messungen ein Einfluß der Temperatur auf die Meßwerte ausgeschlossen werden. Diese Tatsache bedeutet einen entscheidenden Vorteil gegenüber den kapazitiven Druckgebern, welche infolge ihrer Temperaturempfindlichkeit für jeden Versuchsgang mundwarm geeicht werden mußten.

4. HERSTELLUNG DER VERSUCHSPROTHESEN

Zur Herstellung der Versuchsprothesen bedienten wir uns eines neuen Verfahrens. Es wurden Prothesen, die noch vor nicht allzulanger Zeit bei uns in der Klinik angefertigt worden waren, doubliert. Von den 11 doublierten Prothesen waren zum Zeitpunkt des Versuchs zwei vor acht Monaten, fünf vor sieben Monaten, zwei vor vier Monaten und weitere zwei vor einem Monat eingesetzt worden. Der Doubliervorgang ist mit geringfügigen Änderungen dem Arbeitsgang beim Einbetten einer Wachsprothese in die Küvette gleich. Es war nur notwendig, untersichgehende Bezirke der Prothesenbasis, zumeist ihr frontaler Anteil, mit einem nachgiebigen Material (Mod-Seal) auszugießen, zu dessen Retention im Gips zusätzlich zu den Retentionsperlen noch Drahtschlaufen eingelegt wurden. Auf diese Weise wurde eine Beschädigung des Gipsnega-

tives der Prothesenbasis bzw. ein Beschädigen der Prothese bei ihrer Entfernung aus dem Gips vermieden. Desweiteren mußten auch die untersichgehenden Bereiche der vestibulären Prothesenfläche und die an die Zähne angrenzenden palatinalen Teile durch Aufbringen der nachgiebigen Masse abgesichert werden. So bekam man nach Herausnahme der Prothese in der einen Küvettenhälfte das Negativ von ihrer Basisfläche, in der anderen das Negativ ihrer Oberfläche. Das Negativ der Basisfläche, also der damit wiedergegebene Oberkiefer, wurde nun im Vakuumverfahren mit einer ERCOPRESS - Folie überzogen, deren definitive Stärke auf dem Alveolarkamm gleichmäßig 0,5 mm betragen mußte. Je nach Tiefe des Gaumens war die Folie dann im Bereich der Raphe 0,35 bis 0,4 mm stark. Die Verwendung einer Zinnfolie schloß sich aus, da sie bei einer solchen Stärke sich nicht mehr an das Modell adaptieren ließ. Im folgenden wurde dann die Begrenzung der Folie auf dem Modell angezeichnet, vergleiche dazu Abb. 5: Palatinal im Bereich des Übergangs der fibrösen Rand- bzw. Median-

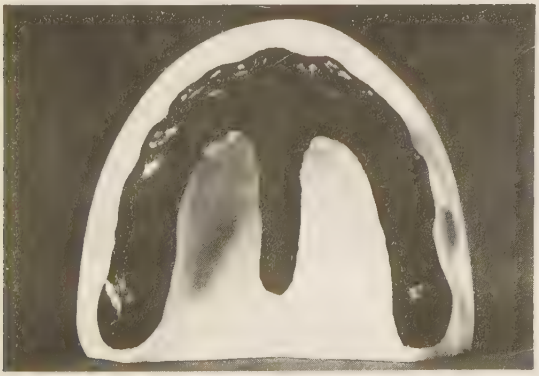

Abb. 5: Schwarz aufgezeichnet die durch die Folie abgedeckten Oberkieferanteile.

zone zur Fettgewebszone und im distalen Anteil zur Drüsengewebszone. Vestibulär entlang der Linie, an welcher der Alveolarkamm senkrecht nach oben umbiegt. Entsprechend dieser Begrenzung wurde die Folie zugeschnitten und bedeckte dann den in der Abb. 5 schwarz gekennzeichneten Bereich. Die Folie wurde nun wieder dem Oberkiefermodell aufgelegt und an einigen Stellen mit Klebewachs fixiert. Im Hinblick auf den späteren Einbau der Meßkapsel war es jetzt notwendig, über der Stelle des Alveolarkamms, wo einmal die Meßkapsel angebracht werden sollte, einen Abdruck über die aufgelegte Folie zu machen. Auf seine Bedeutung kommen wir später zurück. Dann wurde über das Oberkiefermodell noch eine 0,01 mm starke Folie gelegt, damit sich beim Pressen kein Kunststoff unter die ERCOPRESS - Folie drücken kann. Nun wurde selbsthärtender Kunststoff in die Küvette eingebracht und schonend gepreßt. Sobald der Kunststoff völlig auspolymerisiert war, wurden die beiden Küvettenhälften geöffnet und die doublierte Testprothese herausgenommen, welche mit eingepreßter Folie einer üblichen Prothese entsprach.

Diese eben beschriebene Methode hat verschiedene Vorzüge. Der entscheidenste Vorteil ist, daß dem Probanden eine Testprothese gegeben wird, die mit der seinen völlig identisch ist. Er gewöhnt sich sofort an sie und kann mit ihr ohne ein Gefühl der Unsicherheit so kauen, wie er es mit seiner Prothese tun würde. Ein anderer Vorteil ist, daß dem Probanden der zeitraubende und mehrere Sitzungen in Anspruch nehmende Arbeitsgang bei der Neuherstellung einer Prothese erspart wird.

5. EINBAU DER MESSKAPSELN

Als vorbereitende Maßnahmen zum Einbau der Meßkapseln sind nötig:

a) Ein Gipskonter über die Zahnreihe, wo die Kapsel

für den Alveolarkamm eingelegt werden soll, um beim Fixieren der Meßkapsel mit Kunststoff die ursprüngliche Kaufläche wiederherstellen zu können. Siehe Abb. 6, linkes Gipsklötzchen.

b) Zwei Konter von der Basisfläche der Prothese. Einmal an der Stelle, wo die Kapsel dem Kieferkamm, zur anderen wo sie dem Gaumen aufliegen soll. Sie dienen als Widerlager beim Einbau der Kapseln. Siehe Abb. 6 das zweite und dritte Klötzchen von links.

c) Der schon vor dem Stopfen der Testprothese hergestellte Teilabdruck des Alveolarkamms bei aufgelegter Folie wird nun ausgegossen. Dieser Konter dient dann als Widerlager für die Meßkapsel, wenn die Folie für den zweiten Teil des Versuchs herausgenommen wird.

Die Konter werden alle aus Wunderstein hergestellt.

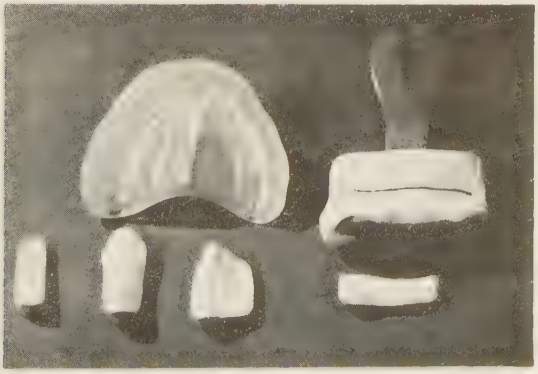

Abb. 6: Versuchsprothese mit eingepreßter Folie, darunter die für den Meßkapseleinbau notwendigen Konter. Von links nach rechts: Kauflächenkonter, Konter für den Alveolarkamm, Konter für den Gaumen, Konter für den Alveolarkamm nach Herausnahme der Folie aus der Basis. Rechts oben der partielle Abdruck, der über den Alveolarkamm mit aufliegender Folie gemacht wurde.

Ist dies geschehen, werden die Stellen, an denen die Meßkapseln angebracht werden, mit Bleistift an der Prothesen-

unterfläche markiert, am Alveolarkamm und am Gaumen jeweils in Höhe des 1. Molaren. Für die über dem Alveolarkamm anzubringende Kapsel wird beim Sechser von der Kaufläche her mit einem walzenförmigen Bohrer Platz geschaffen. Es entsteht dann eine zylinderförmige Bohrung, in deren Mitte mit einem Fissurenbohrer im Bereich der Markierung eine Fensteröffnung für den Stempel der Meßkapsel gelegt wird. Um einen besseren Einblick bei ihrem Fixieren zu haben, fräsen wir noch die vestibuläre und palatinale Fläche der zylinderförmigen Bohrung weg. Schließlich wird noch an der buccalen Seite der Zähne 5, 4 und 3 eine Rinne für den Zuleitungsdraht gelegt. Ist die Kapsel ohne Störung in die Bohrung einzubringen, wird an der Basis das Klötzchen für den Alveolarkamm in seine Lage gebracht und mit Klebewachs fixiert. Dann bringt man die Meßkapsel in die richtige Stellung bis zum Aufsitzen auf dem Konter, wobei noch geprüft wird, ob die Membranfeder der Kapsel nicht aufliegt, sie darf in ihrer Bewegung nicht behindert werden. Mit Klebewachs wird sie nun an ihrer Stelle ge-

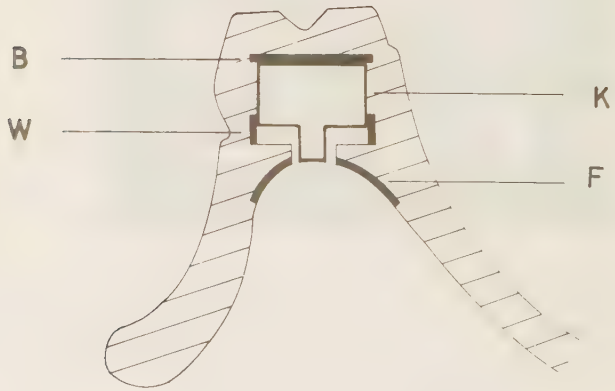

Abb. 7: Skizze zum Einbau der Meßkapsel. Frontalschnitt durch die Prothese mit eingebauter Meßkapsel beim 1. Molaren. K = Meßkapsel, W = Wachsmanschette, B = Blechplättchen, F = Folie.

halten. Der kleine Zwischenraum zwischen Kunststoff und Membranfeder wird mit einer schmalen Wachsmanschette von außen abgedeckt. Zum Schutz der Meßkapsel legen wir dann noch ein Blechplättchen auf die der Kaufläche zugewandte Seite, um sie beim Herausbohren am Ende des Versuchs nicht hier zu beschädigen. Darauf kann der vorher mit Stellone isolierte Negativabdruck der Kaufläche über die Bohrlücke gesetzt werden und die Meßkapsel schließlich in schnellhärtendem Kunststoff eingebettet werden. Vergleiche hierzu auch die Abb. 7, die einen Querschnitt durch die Prothese mit eingebauter Meßkapsel in Gegend des 1. Molaren zeigt. Die Rinne mit dem Zuleitungsdraht wird mit Klebewachs verschlossen.

In ähnlicher Weise wird die Kapsel an der Gaumenfläche befestigt. Ihr Zuleitungsdraht wird in die palatinale Fläche der Prothese gelegt und durch den Eckzahn nach außen geführt. Hat der Proband die Testprothese im Mund, so verlaufen beiderseits die Zuleitungsdrähte durch den Mundwinkel nach außen.

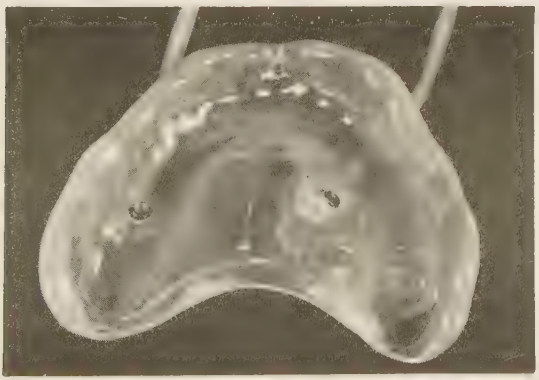

Abb. 8: Prothesenbasis mit eingebauten Meßkapseln auf dem Alveolarkamm und am Gaumen, jeweils in Höhe des 1. Molaren. Teilweise hohlgelegte Prothese.

Zuletzt sorgt noch eine Unterfütterung der ausgekehlten Stempeloberfläche mit schnellhärtendem Kunststoff auf den kleinen Kontern für ein exaktes Anliegen der Stempel auf der Schleimhaut. In Abb. 8 wird die Lagerung der Meßkapseln an der Prothesenbasisfläche gezeigt. Die Folie ist entfernt, hiermit ist die teilweise hohlgelegte Prothese entstanden.

Nach dem ersten Teil des Versuchs wird die eingepreßte Folie entfernt. Aus der üblichen Prothese entsteht die teilweise hohlgelegte für den zweiten Versuchsgang. Die Meßkapsel über dem Alveolarkamm wird freigelegt. Es wird darauf geachtet, daß die zylinderförmige Führung um die Kapsel weitgehendst erhalten bleibt. Um die Meßkapsel exakt um die 0,5 mm Stärke der entfernten Folie in Richtung Kaufläche verschieben zu können, wurde schon vor dem Stopfen der Versuchsprothese, wie oben erwähnt, ein Abdruck über den Alveolarkamm mit aufgelegter Folie genommen. Nachdem er ausgegossen ist besitzen wir einen Konter, der genau auf die Alveolarkammunterfläche der von der Folie befreiten Prothesenbasis paßt. Der Konter wird wieder mit Klebewachs befestigt und daraufhin die Kapsel soweit nach basal in der Zylinderführung geschoben, bis sie auf dem Konter aufsitzt. In dieser Lage wird sie fixiert und kann jetzt wie oben beschrieben in Kunststoff eingebettet werden.

III. VERSUCHSREIHE

1. DURCHFÜHRUNG DER VERSUCHE

Während des Versuchs sitzt der Proband bequem auf einem Stuhl mit dem Rücken zu den Registriergeräten. Ihm zur Seite befindet sich auf einem Tischchen ein Teller mit Erdnüssen und Vollkornbrotstückchen, außerdem noch ein Glas Wasser. Nun wird der Proband über seine Tätigkeit während des Versuchs instruiert und bekommt die Versuchsprothese mit den Zuleitungsdrähten eingesetzt. Er kann sich an sie gewöhnen, während er einige Stückchen Brot und ein paar Nüsse kaut.

Sobald der Proband angibt, daß er mit der Testprothese zurechtkomme, beginnt der Meßvorgang, zunächst für die übliche Prothese. Jede der beiden Meßkapseln wird mit einem eigenen Registriergerät verbunden, die getrennt voneinander bedient werden müssen. Der Proband kaut nun auf ein Zeichen des Beginns nacheinander Brot und Erdnüsse, einmal links und einmal rechts. Nach jeder Kaufolge wird der dazugehörige Schluckvorgang registriert. Bei fast allen Probanden konnte auch noch ein zweiter und manchmal noch ein dritter Schluckakt gemessen werden, da sie entweder gleich zweimal hintereinander schluckten oder nach dem ersten Schlucken weiterkauten, um dann nochmals zu schlucken. Nachdem Brot und Nuß gekaut ist, wird der Proband aufgefordert einige Male hintereinander einen Schluck Wasser zu nehmen und zu trinken. Dann wird er gebeten in der Schlußbißlage mit größtmöglicher Kraft zusammenzubeißen, was auch einige Male wiederholt wird. Hiermit ist der erste Teil des Versuchgangs beendet. Die übliche Prothese wird zur teilweise hohlgelegten Prothese umgebaut und die Versuchsfolge nochmals wiederholt.

2. AUSWERTUNG DER REGISTRIERSTREIFEN

Analog den Kaubewegungen werden auf das Prothesenlager intermittierende Drucke ausgeübt. Durch den Vorschub des Registrierstreifens von 20 mm/sec. werden die Druckeinwirkungen unter der Prothese als sich wiederholende, von der Nullage ausgehende Kurven unterschiedlicher Größe aufgezeichnet in mehr oder weniger großen Abständen, je nach Kaufrequenz, Nach EICHNER, K. kann bei den Belastungskurven unterschieden werden in eine Belastungszeit (= die Zeit vom Anstieg der Belastungskurve bis zum Wiedererreichen der Nullage) und in eine Zwischenzeit (= die Zeit zwischen zwei Belastungskurven, in der am Prothesenlager Ruhe herrscht). Die Belastungszeit wird noch unterteilt in eine Lastzeit (= die Zeit vom Anstieg der Kurve bis zu ihrem Scheitelpunkt) und in eine Restitutionszeit (= die Zeit vom Scheitelpunkt bis zum Wiedererreichen der Nullage).

Zur Auswertung kommen:

a) Die Belastungskurven während des Kauens von der 5. bis zur 15. Sekunde nach Beginn der Kautätigkeit,
b) die dazugehörigen Schluckbelastungen,
c) Die Belastungskurven beim Trinken von Wasser,
d) Die Belastungskurven beim Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft.

Für a - d) werden die Durchschnittswerte und die Maxima ermittelt.

Die Größe der einzelnen Belastungskurve wird so errechnet, daß die Höhe senkrecht zur Nullage von ihrem Anstiegspunkt bis zu ihrem Scheitelpunkt gemessen wird. Da die aufgezeichneten Kurven Vergrößerungen des Hubs der Meßkapseln darstellen, wobei je nach Empfindlichkeit der Registrierung 30 mm 0,3 µ, 1 µ, 3 µ oder 10 µ entsprechen, müssen die mm - Werte in µ - Werte zurückverwandelt werden. Daraufhin können an Hand der für jede Meßkapsel hergestellten Eichkurve

die μ - Werte in kp/0,05 cm^2 abgelesen werden. Um sie in kp/cm^2 anzugeben, werden sie noch mit 20 multipliziert.

3. BEISPIEL DER BELASTUNGSDIAGRAMME, GEZEIGT AM MESSGANG EINES PROBANDEN

In den nun folgenden Abbildungen 9 - 20 werden Ausschnitte der Registrierstreifen während der einzelnen Meßgänge gezeigt. Die Belastungskurven für den Alveolarkamm sind bei beiden Prothesenarten direkt miteinander vergleichbar, ebenso die des Gaumens. Nicht direkt miteinander, sondern nur über die Eichskalen können die am Gaumen und am Alveolarkamm ermittelten Kurven verglichen werden, da die beiden Meßkapseln eine unterschiedliche Empfindlichkeit besaßen. Der Registrierstreifen wird mit einer Geschwindigkeit von 20 mm/sec vorgeschoben. Zur Verdeutlichung des zeitlichen Ablaufs wurde deshalb unter den Meßstreifen ein Sekundenraster aufgezeichnet. Die Strecke zwischen zwei Teilstrichen entspricht einer Sekunde. Am rechten Rand eines jeden Registrierstreifenausschnittes ist eine kp/cm^2 - Skala angebracht. Mit ihr kann die Höhe der Kurve gleich in kp/cm^2 abgelesen werden.

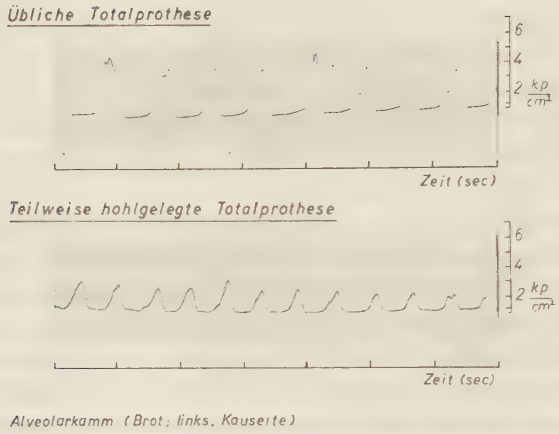

Abb. 9: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kauen von Brot auf der Kauseite. Meßpunkt auf dem ALVEOLARKAMM in Gegend des 1. Molaren. Die Belastung unter der teilweise hohlgelegten Prothese ist um 10% geringer als bei der üblichen

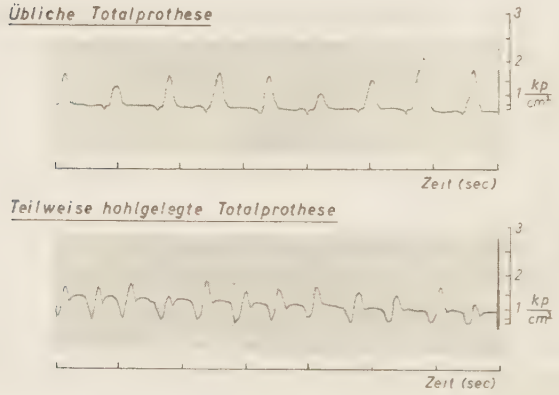

Abb. 10: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kauen von Brot auf der Nichtkauseite. Meßpunkt auf dem ALVEOLARKAMM in Gegend des 1. Molaren. Unter der teilweise hohlgelegten Prothese wird die Belastung um 5% geringer. Auffallend ist bei ihr die Änderung im Belastungsmodus: Der Druck bleibt während der gesamten Lastzeit relativ hoch.

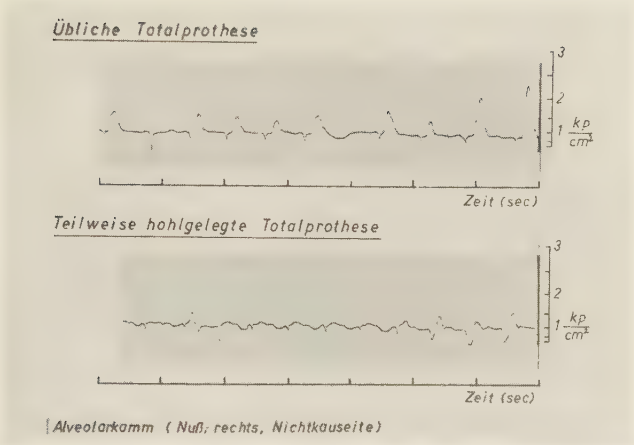

Abb. 11: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kauen von Nuß auf der Kauseite. Meßpunkt auf dem ALVEOLARKAMM in Gegend des 1. Molaren. Die Belastung nimmt zu unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 11,5% gegenüber der üblichen. Beim Kauen von Nuß tritt eine um ca. 9% höhere Belastung im Vergleich mit dem Kauen von Brot (Abb. 9) auf.

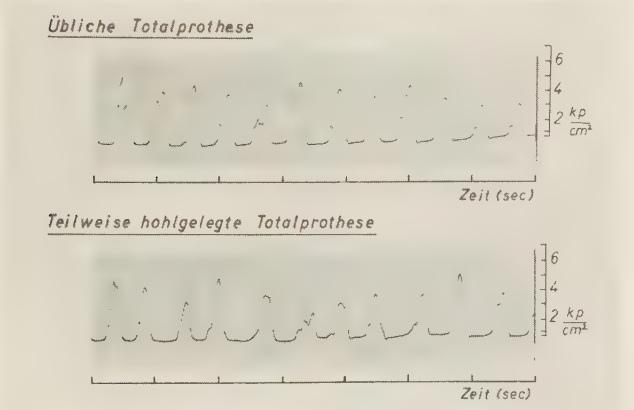

Abb. 12: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kauen von Nuß auf der Nichtkauseite. Meßpunkt auf dem ALVEOLARKAMM in Gegend des 1. Molaren. Die Schleimhautbelastung ist unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 31% geringer als bei der üblichen. Auffallend ist bei ihr die Änderung im Belastungsmodus: Der Druck bleibt während der gesamten Lastzeit relativ hoch. Vgl. Abb. 11!

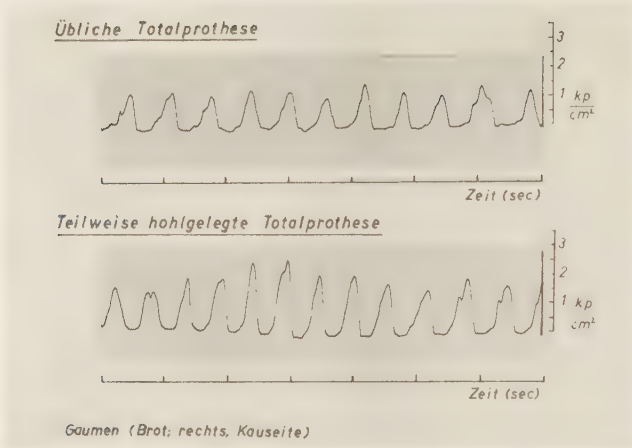

Abb. 13: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kauen von Brot auf der Kauseite. Meßpunkt am GAUMEN in Höhe des 1. Molaren. Die Schleimhautbelastung erhöht sich unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 47,5% gegenüber der üblichen.

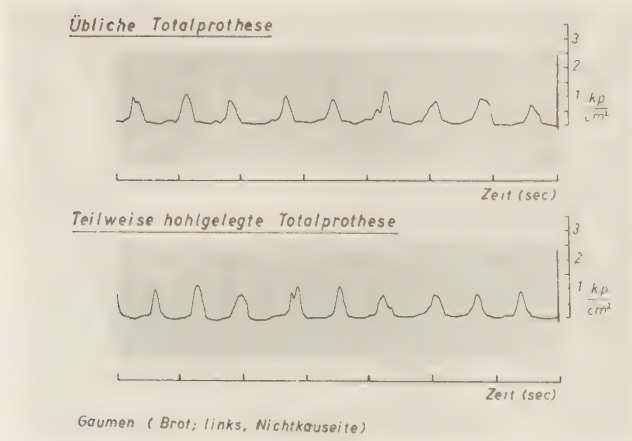

Abb. 14: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kauen von Brot auf der Nichtkauseite. Meßpunkt am GAUMEN in Höhe des 1. Molaren. Zwischen den beiden Prothesenarten besteht kein Unterschied in der Belastungshöhe.

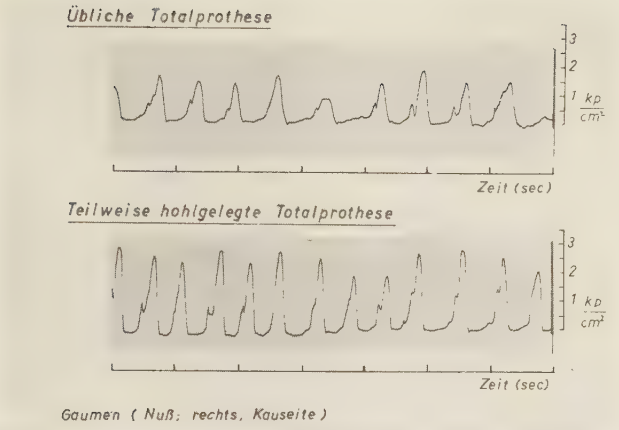

Abb. 15: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kauen von Nuß auf der Kauseite. Meßpunkt am GAUMEN in Höhe des 1. Molaren. Unter der teilweise hohlgelegten Prothese findet eine Belastungszunahme um 80% gegenüber der üblichen Prothese statt.

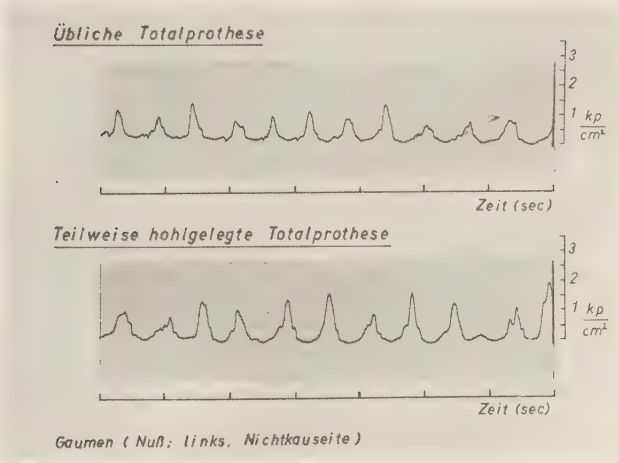

Abb. 16: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kauen von Nuß auf der Nichtkauseite. Meßpunkt am GAUMEN in Höhe des 1. Molaren. Die Schleimhautbelastung wird bei der teilweise hohlgelegten Prothese um 84% größer gegenüber der üblichen.

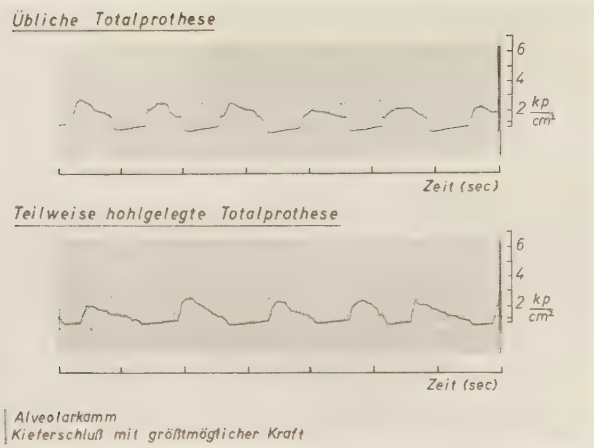

Abb. 17: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft. Meßpunkt auf dem ALVEOLARKAMM in Gegend des 1. Molaren. Die Schleimhautbelastung ist unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 4,5% geringer als bei der üblichen.

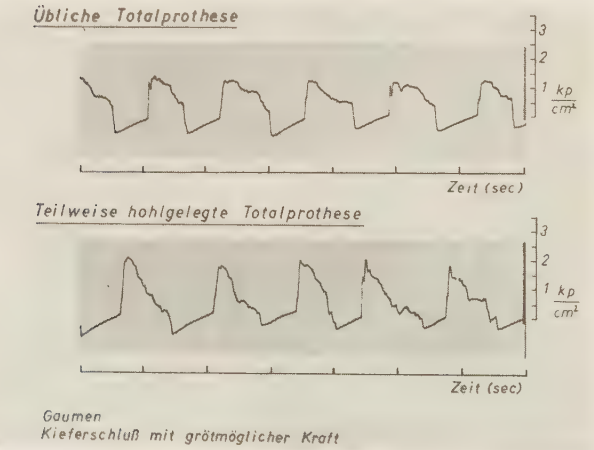

Abb. 18: Ausschnitte der miteinander zu vergleichenden Registrierstreifen beim Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft. Meßpunkt am GAUMEN in Höhe des 1. Molaren. Die Schleimhautbelastung nimmt unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 48% gegenüber der üblichen zu.

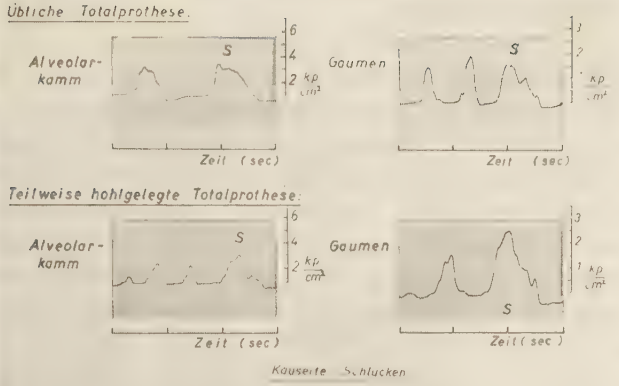

Abb. 19: Beispiele für die Schluckdiagramme am Alveolarkamm und am Gaumen, registriert bei der üblichen und bei der teilweise hohlgelegten Prothese. Meßpunkte auf dem ALVEOLARKAMM und am GAUMEN jeweils in Höhe des 1. Molaren. Unter der teilweise hohlgelegten Prothese ist die Schleimhautbelastung am Alveolarkamm um 11,5% geringer, am Gaumen um 64,5% höher als bei der üblichen Prothese.

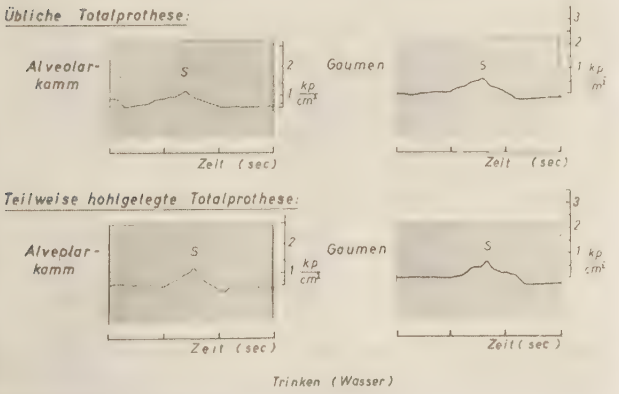

Abb. 20: Beispiele für die Belastungsdiagramme beim Trinken von Wasser, registriert auf dem Alveolarkamm und am Gaumen bei der üblichen und bei der teilweise hohlgelegten Prothese. Meßpunkte am ALVEOLARKAMM und am GAUMEN jeweils in Höhe des 1. Molaren. Für die Prothesenarten besteht kein Unterschied in der Belastungshöhe. Bemerkenswert ist der relativ langsame Anstieg der Belastung im Gegensatz zu den Schluckdiagrammen in Abb. 19. Außerdem erreicht die Trinkbelastung nicht die Höhe der Schluckbelastung.

4. ZUSAMMENSTELLUNG DER MESSWERTE AUS DEN EINZELNEN PROTOKOLLBLÄTTERN

Aus den einzelnen Protokollblättern sind in den folgenden Tabellen 1 - 10 die Werte zusammengestellt für die durchschnittliche und maximale Belastung beim Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft, die durchschnittliche Schleimhautbelastung beim Kauen, die maximale Schleimhautbelastung beim Kauen, die durchschnittliche Schluck- und Trinkbelastung und schließlich die maximale Schluck- und Trinkbelastung, jeweils für die übliche und für die teilweise hohlgelegte Prothese.

Aktiver Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft

Übliche Prothese

		ALVEOLARKAMM		GAUMEN	
		Durchschnitt	Maximum	Durchschnitt	Maximum
Proband	III	8,3	8,4	1,1	1,2
	IV	2,15	2,27	2,5	2,67
	V	1,97	2,27	0,45	0,47
	VI	2,24	2,62	1,94	2,3
	VII	3,75	4,4	0,4	0,5
	VIII	1,38	1,5	0,25	0,35
	IX	5,4	5,6	2,3	2,66
	X	2,15	2,18	0,2	0,2
	XI	2,3	2,5	1,25	1,45

Tabelle 1: Durchschnittliche und maximale Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und am Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der üblichen Prothese beim Schließen der Kiefer mit größtmöglicher Kraft bei 9 Probanden. Die durchschnittliche Belastung beträgt am Alveolarkamm 3,4 kp/cm^2, die durchschnittlich maximale 3,97 kp/cm^2; am Gaumen ergeben sich für die durchschnittliche Belastung 1,15 kp/cm^2 und für die durchschnittlich maximale Belastung 1,3 kp/cm^2.

Aktiver Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft

Teilweise hohlgelegte Prothese

		ALVEOLARKAMM		GAUMEN	
		Durchschnitt	Maximum	Durchschnitt	Maximum
Proband	III	2,4	2,62	2,7	2,77
	IV	0,8	1,04	2,65	3,1
	V	1,55	1,77	0,45	0,45
	VI	0,73	0,76	1,8	2,1
	VII	2,2	2,62	0,9	1,65
	VIII	0,6	0,65	0,5	0,63
	IX	4,5	5,4	3,8	4,5
	X	1,15	1,33	0,25	0,27
	XI	2,2	2,4	1,85	2,1

Tabelle 2: Durchschnittliche und maximale Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und am Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der teilweise hohlgelegten Prothese beim Schließen der Kiefer mit größtmöglicher Kraft gemessen bei 9 Probanden. Die durchschnittliche Belastung beträgt am Kieferkamm 1,79 kp/cm^2, die durchschnittlich maximale Belastung 2,1 kp/cm^2. Am Gaumen ergeben sich für die durchschnittliche Schleimhautbelastung 1,66 kp/cm^2 und für die durchschnittlich maximale Belastung 2,0 kp/cm^2.

Durchschnittliche Schleimhautbelastung beim Kauen

Übliche Prothese

		Brot		Nuß	
ALVEOLARKAMM		KS	NKS	KS	NKS
Proband	I	6,2	0,95	6,0	1,5
	II	6,65	1,1	7,7	1,8
	III	10,1	6,9	11,1	7,05
	IV	2,2	0,6	3,1	0,7
	V	3,05	0,45	3,4	0,3
	VI	2,25	1,9	3,15	1,33
	VII	3,9	2,95	8,0	4,0
	VIII	2,3	0,55	2,17	0,5
	IX	4,85	2,24	4,65	2,4
	X	3,1	0,7	3,5	0,8
	XI	4,0	1,42	4,38	1,45

		Brot		Nuß	
GAUMEN		KS	NKS	KS	NKS
Proband	I	1,8	1,49	1,53	1,76
	II	1,76	1,29	1,56	0,9
	III	0,75	0,4	0,65	0,73
	IV	1,85	0,6	1,85	0,6
	V	0,4	0,15	0,38	0,15
	VI	2,05	0,8	2,4	1,4
	VII	0,8	0,75	0,9	1,3
	VIII	0,55	0,27	0,85	0,25
	IX	0,55	0,95	0,6	1,0
	X	0,2	0,23	0,2	0,2
	XI	1,05	1,0	1,4	0,8

Tabelle 3: Durchschnittliche Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der üblichen Prothese während des Kauens von Brot und Nuß bei 11 Probanden. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Am Alveolarkamm beträgt die durchschnittliche Schleimhautbelastung auf der Kauseite 4,8 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 1,9 kp/cm^2, am Gaumen auf der Kauseite 1,11 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 0,77 kp/cm^2.

Durchschnittliche Schleimhautbelastung beim Kauen

Teilweise hohlgelegte Prothese

		Brot		Nuß	
ALVEOLARKAMM		KS	NKS	KS	NKS
Proband	I	5,1	0,65	4,8	0,7
	II	1,8	0,65	2,8	1,3
	III	1,5	0,9	2,7	1,4
	IV	0,9	0,45	1,1	0,45
	V	1,87	0,7	2,9	0,5
	VI	0,23	0,35	1,25	0,85
	VII	3,0	2,95	4,3	2,52
	VIII	1,3	0,6	1,37	1,75
	IX	4,6	2,4	4,8	2,4
	X	1,1	0,4	1,2	0,5
	XI	3,6	1,35	3,9	1,0

		Brot		Nuß	
GAUMEN		KS	NKS	KS	NKS
Proband	I	1,89	1,59	1,9	1,76
	II	2,08	1,24	1,77	1,17
	III	2,2	1,4	2,4	1,85
	IV	1,05	0,7	2,4	0,6
	V	0,5	0,15	0,63	0,1
	VI	1,63	1,0	2,25	0,8
	VII	1,93	1,55	1,45	1,63
	VIII	1,65	0,33	1,85	0,33
	IX	1,93	1,95	1,4	2,5
	X	0,4	0,43	0,55	0,35
	XI	1,55	1,0	2,55	1,47

Tabelle 4: Durchschnittliche Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der teilweise hohlgelegten Prothese während des Kauens von Brot und Nüssen bei 11 Probanden. Am Alveolarkamm beträgt die durchschnittliche Schleimhautbelastung auf der Kauseite 2,55 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 1,1 kp/cm^2. Am Gaumen auf der Kauseite 1,5 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 1,1 kp/cm^2. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite.

Maximale Schleimhautbelastung beim Kauen

Übliche Prothese

		Brot		Nuß	
ALVEOLARKAMM		KS	NKS	KS	NKS
Proband	I	6,65	1,1	6,9	1,55
	II	7,75	2,1	8,22	2,8
	III	12,0	9,1	14,5	10,9
	IV	4,5	0,9	5,7	0,97
	V	4,07	0,53	5,3	0,2
	VI	3,35	3,35	4,8	1,93
	VII	5,7	3,7	12,13	5,7
	VIII	3,0	0,6	3,1	0,55
	IX	6,5	3,7	6,6	3,3
	X	6,7	1,0	5,82	1,3
	XI	4,8	2,1	6,4	1,8

		Brot		Nuß	
GAUMEN		KS	NKS	KS	NKS
Proband	I	2,2	2,2	2,0	2,44
	II	2,22	1,37	1,82	1,49
	III	0,97	0,9	0,97	0,9
	IV	2,4	0,97	2,52	0,9
	V	0,45	0,2	0,55	0,25
	VI	2,9	1,15	3,0	2,2
	VII	1,05	0,95	1,33	2,1
	VIII	0,8	0,45	1,0	0,35
	IX	0,75	1,25	0,92	1,35
	X	0,3	0,4	0,25	0,2
	XI	1,35	1,35	1,97	1,13

Tabelle 5: Maximale Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und Gaumen in Höhe des 1. Molaren während des Kauens von Brot und Nüssen unter der üblichen Prothese bei 11 Probanden. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Am Alveolarkamm beträgt die durchschnittlich maximale Schleimhautbelastung auf der Kauseite 6,6 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 2,7 kp/cm^2. Am Gaumen auf der Kauseite 1,4 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 1,1 kp/cm^2.

Maximale Schleimhautbelastung beim Kauen

Teiweise hohlgelegte Prothese

		Brot		Nuß	
ALVEOLARKAMM		KS	NKS	KS	NKS
Proband	I	6,4	0,75	6,4	1,2
	II	2,5	1,35	3,2	2,3
	III	2,5	1,1	3,7	1,63
	IV	1,67	0,58	1,85	0,73
	V	3,34	0,72	5,5	0,6
	VI	0,65	0,53	1,44	1,04
	VII	4,8	4,05	6,1	3,0
	VIII	1,6	0,8	2,25	0,87
	IX	5,6	3,3	7,35	4,56
	X	1,35	0,5	2,18	0,7
	XI	3,9	1,9	4,8	1,5

		Brot		Nuß	
GAUMEN		KS	NKS	KS	NKS
Proband	I	2,44	2,0	2,44	2,78
	II	3,34	2,34	3,34	1,57
	III	2,77	2,4	2,77	2,77
	IV	1,45	0,9	3,1	0,9
	V	0,65	0,25	0,8	0,2
	VI	2,45	1,14	2,9	1,23
	VII	2,45	2,3	2,45	2,65
	VIII	2,53	0,7	3,0	0,75
	IX	2,5	2,5	2,2	2,85
	X	0,6	0,72	0,77	0,55
	XI	1,77	1,24	3,0	2,22

Tabelle 6: Maximale Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der teilweise hohlgelegten Prothese während des Kauens von Brot und Nuß bei 11 Probanden. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Die durchschnittlich maximale Schleimhautbelastung beträgt am Alveolarkamm auf der Kauseite 3,6 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 1,8 kp/cm^2. Am Gaumen 2,2 kp/cm^2 auf der Kauseite und 1,6 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite.

Durchschnittliche Belastung beim Schlucken und Trinken

Übliche Prothese

		Brot		Nuß		Wasser
ALVEOLARKAMM		KS	NKS	KS	NKS	
Proband	I	2,8	0,9	2,7	1,0	-
	II	5,9	2,2	5,4	3,0	0,65
	III	8,5	8,55	5,5	4,9	0,7
	IV	0,85	0,85	1,05	1,1	0,75
	V	1,85	1,35	1,4	1,67	0,77
	VI	2,0	1,75	1,15	2,2	0,85
	VII	2,2	2,4	2,7	2,7	1,45
	VIII	1,2	0,8	1,15	0,8	1,05
	IX	5,9	3,9	7,15	3,8	2,1
	X	2,33	1,0	2,5	2,06	1,1
	XI	3,4	2,73	3,6	2,67	1,2

		Brot		Nuß		Wasser
GAUMEN		KS	NKS	KS	NKS	
Proband	I	2,05	2,1	1,73	1,84	-
	II	3,34	2,34	3,6	2,22	1,12
	III	0,73	0,65	0,65	0,6	0,4
	IV	1,8	1,65	1,85	1,25	0,75
	V	0,85	0,5	0,65	0,47	0,35
	VI	1,35	1,23	1,45	1,25	0,6
	VII	1,85	0,8	1,85	1,23	0,95
	VIII	0,7	0,6	0,6	0,6	0,4
	IX	1,05	0,97	0,63	1,17	0,65
	X	0,75	0,45	0,75	0,63	0,35
	XI	1,47	1,33	1,5	1,35	0,83

Tabelle 7: Durchschnittliche Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der üblichen Prothese während des Schluckens von Brot und Nuß bei 11 Probanden und beim Trinken von Wasser bei 10 Probanden. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Am Alveolarkamm beträgt die durchschnittliche Schluckbelastung auf der Kauseite 3,23 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 2,39 kp/cm^2, die Trinkbelastung 1,06 kp/cm^2. Am Gaumen werden beim Schlukken Werte von 1,42 kp/cm^2 auf der Kauseite und 1,42 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite gemessen, beim Trinken 0,64 kp/cm^2.

Durchschnittliche Belastung beim Schlucken und Trinken

Teilweise hohlgelegte Prothese

		Brot		Nuß		Wasser
ALVEOLARKAMM		KS	NKS	KS	NKS	
Proband	I	2,35	0,4	1,9	0,75	-
	II	1,65	1,9	1,8	2,95	0,75
	III	0,9	0,55	1,5	1,2	0,35
	IV	0,6	0,4	0,75	0,43	0,35
	V	1,1	1,27	1,25	1,5	0,63
	VI	0,47	0,65	0,85	0,77	0,3
	VII	1,85	1,85	1,93	2,1	1,07
	VIII	1,2	0,95	1,26	0,9	0,9
	IX	4,34	3,4	3,74	4,45	1,9
	X	1,15	1,1	1,6	1,15	0,9
	XI	2,8	2,95	3,4	2,67	1,28

		Brot		Nuß		Wasser
GAUMEN		KS	NKS	KS	NKS	
Proband	I	2,17	2,0	2,22	2,08	-
	II	3,68	2,0	3,4	2,2	1,12
	III	1,27	1,27	1,45	1,27	0,6
	IV	2,83	2,92	3,0	2,65	0,77
	V	0,8	0,63	0,95	0,85	0,6
	VI	1,35	0,75	1,77	0,85	0,57
	VII	2,05	2,25	2,15	1,85	0,95
	VIII	1,55	0,7	1,33	0,8	0,63
	IX	1,9	2,1	1,4	1,65	1,15
	X	0,8	0,7	0,9	0,7	0,5
	XI	2,42	1,5	2,48	2,1	0,75

Tabelle 8: Durchschnittliche Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und am Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der teilweise hohlgelegten Prothese während des Schluckens von Brot und Nuß bei 11 Probanden und beim Wassertrinken bei 10 Probanden. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Am Alveolarkamm beträgt die durchschnittliche Schluckbelastung auf der Kauseite 1,74 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 1,56 kp/cm^2, die Trinkbelastung 0,84 kp/cm^2. Am Gaumen werden beim Schlucken Werte von 1,85 kp/cm^2 auf der Kauseite und 1,53 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite gemessen, beim Trinken 0,76 kp/cm^2.

Maximale Belastung beim Schlucken und Trinken

Übliche Prothese

		Brot		Nuß		Wasser
ALVEOLARKAMM		KS	NKS	KS	NKS	
Proband	I	3,2	1,0	2,7	1,05	-
	II	6,0	2,2	5,75	3,1	0,65
	III	10,9	9,45	6,1	4,9	0,7
	IV	0,9	0,93	1,54	1,3	0,75
	V	1,85	1,35	1,65	1,67	0,78
	VI	2,46	1,93	1,15	2,27	0,85
	VII	2,45	3,18	3,0	2,8	1,45
	VIII	1,2	0,8	1,4	0,82	1,05
	IX	6,6	3,9	7,35	4,35	2,38
	X	2,6	1,05	2,8	2,06	1,17
	XI	3,7	3,0	4,35	3,0	1,45

		Brot		Nuß		Wasser
GAUMEN		KS	NKS	KS	NKS	
Proband	I	2,58	2,1	1,74	2,0	-
	II	3,68	2,44	4,32	2,22	1,1
	III	0,97	0,75	0,66	0,66	0,4
	IV	1,8	2,1	2,6	1,35	0,75
	V	0,85	0,6	0,85	0,55	0,55
	VI	1,45	1,23	1,65	1,45	0,63
	VII	1,85	0,85	1,97	1,35	1,35
	VIII	0,7	0,78	0,63	0,7	0,5
	IX	1,22	1,05	0,8	1,35	0,9
	X	0,75	0,5	0,8	0,72	0,5
	XI	1,65	1,77	2,3	1,77	1,0

Tabelle 9: Maximale Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und am Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der üblichen Prothese während des Schluckens von Brot und Nuß bei 11 Probanden und beim Wassertrinken bei 10 Probanden. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Am Alveolarkamm beträgt die durchschnittlich maximale Schluckbelastung 4,5 kp/cm^2 auf der Kauseite und 2,5 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite, die durchschnittlich maximale Trinkbelastung 1,1 kp/cm^2; am Gaumen beim Schlucken 1,6 kp/cm^2 auf der Kauseite und 1,3 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite, beim Trinken 0,8 kp/cm^2.

Maximale Belastung beim Schlucken und beim Trinken

Teilweise hohlgelegte Prothese

		Brot		Nuß		Wasser
ALVEOLARKAMM		KS	NKS	KS	NKS	
Proband	I	2,6	0,55	2,1	0,75	-
	II	1,65	1,97	1,97	2,95	0,75
	III	1,05	0,57	1,55	1,5	0,4
	IV	0,6	0,4	0,76	0,52	0,35
	V	1,15	1,77	1,35	1,5	0,64
	VI	0,67	0,65	0,98	0,77	0,35
	VII	1,93	1,93	1,93	2,27	1,15
	VIII	1,3	1,0	1,47	0,9	0,9
	IX	4,35	4,15	4,15	4,56	2,38
	X	1,2	1,1	1,8	1,38	1,1
	XI	3,3	2,95	4,15	2,8	1,5

		Brot		Nuß		Wasser
GAUMEN		KS	NKS	KS	NKS	
Proband	I	2,34	2,0	2,54	2,34	-
	II	4,0	2,0	3,89	2,89	1,28
	III	1,35	1,54	1,85	1,54	0,66
	IV	3,7	3,0	3,3	4,27	2,2
	V	1,0	0,63	1,1	0,9	0,75
	VI	1,55	0,9	1,78	0,9	0,6
	VII	2,2	2,53	2,5	1,97	1,15
	VIII	1,65	0,92	1,45	0,85	0,63
	IX	2,1	2,1	1,45	1,65	1,65
	X	0,85	0,75	0,95	0,75	0,6
	XI	2,67	1,5	2,77	2,5	1,0

Tabelle 10: Maximale Schleimhautbelastung in kp/cm^2 auf dem Alveolarkamm und am Gaumen in Höhe des 1. Molaren unter der üblichen Prothese während des Schluckens von Brot und Nuß bei 11 Probanden und beim Wassertrinken bei 10 Probanden. KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite. Am Alveolarkamm beträgt die durchschnittlich maximale Schluckbelastung 1,9 kp/cm^2 auf der Kauseite und 1,2 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite, die Trinkbelastung 0,95 kp/cm^2; am Gaumen beim Schlucken 2,1 kp/cm^2 auf der Kauseite und 1,75 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite, beim Trinken 1,0 kp/cm^2.

Ergänzend zu den vorausgegangenen Tabellen soll die graphische Darstellung in Abb. 21 einen Gesamtblick über die durchschnittlichen Belastungen der einzelnen Meßgänge auf dem Alveolarkamm und am Gaumen in Höhe des 1. Molaren geben. Die durchschnittlichen Schleimhautbelastungen wurden errechnet aus den jeweiligen Durchschnitts- bzw. Maximalwerten aller Probanden. In der Aufzeichnung stellen die schraffierten Säulen die durchschnittlichen Schleimhautbelastungen für die übliche Prothese dar, die unschraffierten diejenigen der teilweise hohlgelegten Prothese. Die schwarz ausgefüllte Verlängerung der Säulen bezeichnet die Differenz der Durchschnittswerte zu den durchschnittlichen Maximalwerten.

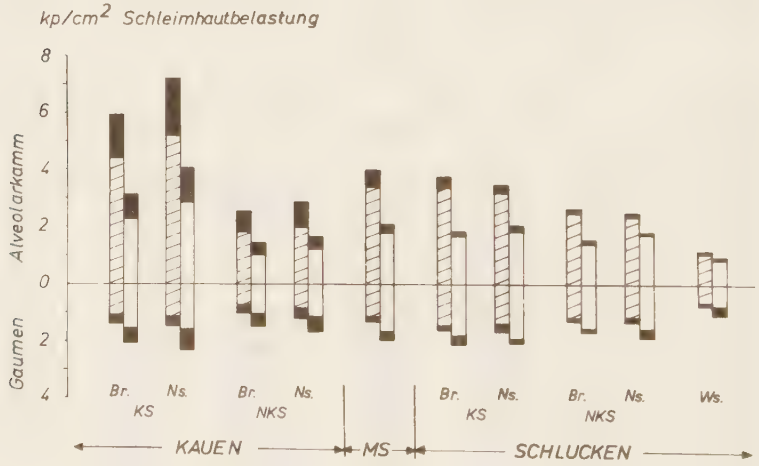

Abb.: 21: Gesamtüberblick der Durchschnittsbelastungen und durchschnittlichen Maximalbelastungen der Schleimhaut bei den einzelnen Meßgängen auf dem Alveolarkamm und am Gaumen in Höhe des 1. Molaren. Die schraffierten Säulen stellen die Durchschnittswerte der üblichen Prothese dar, die nichtschraffierten die der teilweise hohlgelegten. Schwarz ausgezogen die jeweiligen durchschnittlichen Maximalwerte. Die teilweise hohlgelegte Prothese zeigt deutlich eine geringere Belastung auf dem Alveolarkamm und eine stärkere Belastung am Gaumen.
Br = Brot, Ns = Nuß, Ws = Wasser, KS = Kauseite, NKS = Nichtkauseite, MS = Kieferschluß mit maximaler Kraft.

Aus der graphischen Darstellung geht hervor, daß bei der teilweise hohlgelegten Prothese eine Verlagerung der Druckbelastung vom Alveolarkamm zum Gaumen erfolgt, und somit ein gewisser Belastungsausgleich geschaffen wird. Das günstigste Belastungsverhältnis ergibt sich für die teilweise hohlgelegte Prothese beim Schlucken. Hier ist die Relation Alveolarkamm zu Gaumen 1:1. Beachtlich ist auch, daß die Höhe der Schluckbelastung auf der Kauseite etwa den Wert erreicht, der bei Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft entsteht.

V. ERGEBNISSE

1. Schleimhautbelastung beim Kauen

a. Alveolarfortsatz in Gegend des 1. Molaren

Bei der auf übliche Art und Weise hergestellten Totalprothese ist die Schleimhaut auf dem Alveolarkamm beim Kauen von Brot einer durchschnittlichen Belastung von 4,4 kp/cm^2, beim Kauen von Nuß einer von 5,2 kp/cm^2 ausgesetzt, im Mittel also 4,8 kp/cm^2. Auf der Nichtkauseite ist die durchschnittliche Größe der Druckbelastung bei Brot 1,8 kp/cm^2, bei Nuß 2,0 kp/cm^2, im Mittel 1,9 kp/cm^2. Wird nun die Prothesenbasis im Bereich des Alveolarfortsatzes und der Raphe hohlgelegt, ergeben sich folgende Druckverteilungen: Auf der Kauseite beim Kauen von Brot 2,27 kp/cm^2, beim Kauen von Nuß 2,83 kp/cm^2, im Mittel 2,55 kp/cm^2. Gegenüber der üblichen Prothese ist somit die Belastung unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 47,5% geringer. Auf der Nichtkauseite werden Werte von 1,0 kp/cm^2 beim Kauen von Brot, 1,21 kp/cm^2 beim Kauen von Nuß gefunden, was einer mittleren Belastung von 1,1 kp/cm^2 entspricht. Auch hier ist die Schleimhautpressung im Vergleich mit der üblichen Totalprothese um 41,5% geringer. Statistisch $^+$) konnte die unterschiedliche Belastung der üblichen und der teilweise hohlgelegten Prothese mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 0,5% für die Kauseite und einer von weniger als 1% für die Nichtkauseite gesichert werden.

b. Gaumen in Höhe des 1. Molaren

Ein deutlicher Unterschied zwischen Schleimhautpressung bei der üblichen Prothese und der teilweise hohlgelegten ist am Gaumen festzustellen. Unter der teilweise hohlgelegten Prothese werden höhere Drucke ermittelt. Die Werte im

---

$^+$) Verbundene Stichproben mit t - Verteilung nach PFANZAGL, J. "Allgemeine Methodenlehre der Statistik II" (1966), S. 210

einzelnen: Unter der üblichen Prothese beträgt die Schleimhautbelastung durchschnittlich auf der Kauseite 1,11 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 0,77 kp/cm^2, wobei kein wesentlicher Unterschied der Belastunggrößen von Brot und Nuß besteht. Die Drucke bei der teilweise hohlgelegten Prothese: Auf der Kauseite durchschnittlich 1,54 kp/cm^2 und 1,1 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite. Das bedeutet für die Kauseite eine Belastungszunahme unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 38,8%, für die Nichtkauseite um 42,8% gegenüber der üblichen Prothese. Dieses Ergebnis ist mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 0,5% für die Kauseite und von unter 2,5% für die Nichtkauseite gesichert.

2. Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft

Wird der Unterkiefer maximal gegen den Oberkiefer in Schlußbißlage gepreßt, wobei angenommen werden darf, daß der Druck gleichmäßig auf beide Kieferseiten verteilt wird, finden sich folgende Beziehungen als Durchschnittswerte: Schleimhautbelastung am Alveolarkamm in Gegend des 1. Molaren unter der üblichen Prothese 3,4 kp/cm^2, bei der teilweise hohlgelegten 1,79 kp/cm^2. Das entspricht einer Belastungsabnahme bei der teilweise hohlgelegten Prothese um 47,4%. Am Gaumen wird die Schleimhaut in Höhe des 1. Molaren bei der üblichen Prothese mit 1,15 kp/cm^2 gepreßt, während unter der teilweise hohlgelegten der Wert auf 1,66 kp/cm^2 ansteigt, also um 38,8% größer wird. Statistisch ist dieser Unterschied für übliche und teilweise hohlgelegte Prothese mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 2.5% gesichert.

3. Schleimhautbelastung beim Schlucken

Während des Schluckaktes werden nicht unerhebliche Kräfte auf das Prothesenlager ausgeübt. Am Alveolarfortsatz ergeben sich in Gegend des 1. Molaren folgende Durchschnittliche Belastungswerte: Auf der Kauseite 3,23 kp/cm^2, auf der

Nichtkauseite 2,39 kp/cm^2 unter der üblichen Prothese. Wird die Prothesenbasis teilweise hohlgelegt, zeigt sich derselbe Effekt wie beim Kauen, die Werte am Alveolarfortsatz werden kleiner. So beträgt die Pressung am Alveolarkamm auf der Kauseite 1,74 kp/cm^2, auf der Nichtkauseite 1,56 kp/cm^2. Dies stellt für die Kauseite eine Abnahme der Belastung unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 46,1%, auf der Nichtkauseite um 34,8% gegenüber der üblichen Prothese dar. Bei der statistischen Nachprüfung ergab sich sowohl für Kauseite als auch für Nichtkauseite eine Sicherung der unterschiedlichen Belastung mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 0,5%.

Auch am Gaumen in Höhe des 1. Molaren können wir wieder dieselbe Feststellung machen wie beim Kauen, d.h. die Drucke erhöhen sich unter der teilweise hohlgelegten Prothese. So werden zunächst für die übliche Prothese durchschnittliche Belastungswerte von 1,42 kp/cm^2 auf der Kauseite und 1,14 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite gemessen. Ist die Prothese teilweise hohlgelegt, ergibt sich eine Schleimhautpressung von durchschnittlich 1,85 kp/cm^2 auf der Kauseite und 1,53 kp/cm^2 auf der Nichtkauseite. Damit nimmt die Schleimhautbelastung am Gaumen unter der teilweise hohlgelegten Prothese um 30,3% auf der Kauseite und um 34,2% auf der Nichtkauseite zu. Beide Werte sind mit einer statistischen Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 0,5% gesichert.

Werden die Schluckwerte mit den Werten bei maximalem Kieferschluß verglichen, fällt auf, daß die Schluckbelastung auf der Kauseite annähernd dieselbe Größenordnung im Durchschnitt erreicht, siehe hierzu auch Abb. 21. Das bedeutet, die Kiefer werden mit nahezu maximaler Kraft während des Schluckaktes gegeneinander gepreßt.

4. Schleimhautbelastung beim Trinken

Läßt man den Probanden Wasser trinken, so ergibt sich ein deutlicher Unterschied gegenüber dem Schlucken von

eingespeichelten und zerkleinertem Brot bzw. von Nüssen, sowohl was die Art, als auch was die Höhe der Schleimhautbelastung betrifft. Die Höhe der Trinkbelastung ist bei Wasser unter der üblichen Prothese durchschnittlich 1,06 kp/cm^2 am Alveolarkamm und 0,64 kp/cm^2 am Gaumen. Vergleichen wir diese Werte mit denen beim Schlucken von Brot und Nuß, so stellen wir fest, daß die Trinkwerte noch geringer sind als die dort auf der Nichtkauseite registrierten Drucke, nämlich um 55,5% am Alveolarkamm und um 44% am Gaumen. Aus dem Bild der aufgezeichneten Schluckkurve läßt sich weiterhin sagen, der Schluckmodus bei Wasser muß ein anderer sein als beim Schlucken von Brot bzw. Nuß. Die Trinkkurve ist in ihrem zeitlichen Ablauf kegelförmig (Abb. 2C). Es fällt der relativ langsam Anstieg der Belastung auf. Vergleichen wir damit die Schluckkurve (Abb. 19), so finden wir einen schnellen, fast senkrechten Anstieg der Belastung, welche nach kurzer Verweildauer auf dem Maximum allmählich wieder abfällt. Der steile Anstieg der Schluckkurve und die relativ hohe Belastung bedeuten, daß während des Schlukkens von Nahrungsbrei die Zähne in Schlußokklusion aufeinander gepreßt werden und, wie wir oben erwähnt haben, nahezu mit maximalem Kraftaufwand. Der langsame Anstieg der Trinkkurve hingegen und ihre geringe Belastungshöhe lassen den Schluß zu, daß bei dieser Art der Schleimhautpressung der Druck größtenteils von der gegen den Gaumen gedrückten Zunge ausgeübt wird und die Zähne während des Trinkens einander beinahe drucklos genähert werden.

Beim Vergleich der beiden Prothesenarten ist auch während des Trinkens die Belastung bei der teilweise hohlgelegten Prothese durchschnittlich am Alveolarkamm geringer und am Gaumen höher. Bei der letzteren beträgt die durchschnittliche Belastung 0,84 kp/cm^2 am Alveolarkamm und 0,76 kp/cm^2 am Gaumen. Somit ist hier für den Alveolarkamm die Pressung um 20,8% geringer und am Gaumen um 19% größer als unter der üblichen Prothese. Statistisch ist dieses Ergebnis für den Alveolarkamm mit einer Irrtums-

wahrscheinlichkeit von unter 0,5% und für den Gaumen von unter 5% gesichert.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß zunächst für die übliche Prothese die Ergebnisse der Belastungsverteilung Alveolarkamm zu Gaumen, bzw. Kauseite zu Nichtkauseite von KÖRBER, E., PFAU, H., HERMANN, D. und FEIFEL, G. bestätigt werden konnten. Ein abweichendes Ergebnis zu ihren Untersuchungen ergab sich insofern, als wir beim Kauen von Nuß, das einen höheren Härtegrad als Brot besitzt, auch eine höhere Schleimhautbelastung ermittelten, während obengenannte Autoren fanden, die Schleimhautbelastung beim Kauen wäre unabhängig von der Speisenqualität. Zwar konnten wir keinen eklatanten Unterschied feststellen, doch waren bei 8 von 11 Probanden die Belastungswerte beim Kauen von Nuß größer als beim Kauen von Brot: Im Durchschnitt um 0,8 kp/cm^2, oder anders ausgedrückt um 18% bei der üblichen und um 25% bei der teilweise hohlgelegten Prothese. Diese Beobachtung deckt sich auch mit den Ergebnissen von EICHNER, K. . Er registrierte bei Messungen der Kaukraft, die ja auf das Prothesenlager weitergegeben wird, an der Okklusionsfläche bei Nüssen ebenfalls einen höheren Wert als bei Brot.

Desweiteren ist für die teilweise hohlgelegte Prothese bestätigt worden, daß die Schleimhautdrucke am Alveolarkamm verringert werden und am harten Gaumen sich erhöhen. Mit der an der Basisfläche im Bereich des Alveolarkamms und der Raphe um 0,5 mm hohlgelegte Prothese ist es somit auf Grund der vorangegangen Untersuchungen möglich, eine günstigere, d.h. ausgeglichenere Verteilung der auf das Prothesenlager einwirkenden funktionellen Kräfte zu erlangen. Während unter der auf übliche Art hergestellten Prothese eine Verteilung der Belastung von Alveolarkamm zu Gaumen beim Kauen auf der Kauseite 3 : 1 und beim Schlucken 2 : 1 ist, wird bei der teilweise hohlgelegten Prothese ein Verhältnis von 1,3 : 1 beim Kauen auf der Kauseite und 1 : 1 beim Schlucken auf der Kauseite erreicht. Zwar ist diese

Relation ein Mittelwert der bei 11 Versuchspersonen gefundenen Ergebnisse und im einzelnen gewissen Schwankungen unterworfen, doch ergab sich in jedem Fall eine Entlastung des Alveolarkamms und eine Mehrbelastung des harten Gaumens. Für die individuellen Schwankungen wird wahrscheinlich die unterschiedliche Resilienz der Schleimhaut, aber auch die Form des Alveolarkamms bzw. des harten Gaumens eine Rolle spielen.

Folgerungen

Mit den vorliegenden Untersuchungsreihen wurde ein Vorschlag von FROHLICH, E. experimentell geprüft, ob ein geringfügiges Hohllegen der Prothesenbasis über dem Alveolarkamm mittels einer Folie auf dem Arbeitsmodell eine günstigere Druckverteilung zwischen Alveolarkamm und Gaumen ergibt. Der Vorschlag wurde modifiziert, indem nicht nur der Alveolarkamm des Frontzahngebietes, sondern der gesamte Alveolarkamm und zusätzlich noch die Raphe an der Basisfläche der Prothese hohlgelegt wurde. Tatsächlich ist mit dieser Methode eine Minderung der Alveolarkammbelastung erzielt worden und gleichzeitig eine stärkere Mitbeteiligung des harten Gaumens bei der Druckverteilung, so daß insgesamt eine Angleichung der Belastungswerte zwischen Gaumen und Alveolarkamm erreicht wurde.

Ziel weiterer Untersuchungen wäre es nun, die solcherart gestaltete Prothese im klinischen Test zu erproben. Einmal um ihre Funktionsfähigkeit zu ergründen. Dabei dürfte der Halt der Prothese keine Schwierigkeiten bieten. Alle Versuchsprothesen saugten einwandfrei, entspricht doch die hohlgelegte Fläche einer Saugekammer. Desweiteren wäre zu messen, ob unter dem teilweise Hohllegen der Basisfläche nicht die Stabilität der Prothese leidet, d.h. es müßte ermittelt werden, wie sich die Größenordnung der schädlichen horizontalen Schleimhautbelastung im Vergleich mit der der üblichen

Prothese verhält. Drittens bleibt noch die Frage offen, ob sich der Hohlraum zwischen Schleimhaut und Prothese erhalten läßt. Nach Beobachtungen von HEINTZ, U. wuchern sog. Saugekammern nach einem gewissen Zeitraum zu. Würde dies eintreten, d.h. würde der Hohlraum zwischen Prothesenbasis und Schleimhaut durch Wucherung des Teguments ausgefüllt, wäre diese Erscheinung wahrscheinlich nicht von Nachteil. Nach histologischen Untersuchungen von GROHS, R., HÄUPL, K. und FRÖHLICH, E. paßt sich das Prothesenlager an die Prothese unter Verlust von mehr oder weniger Knochensubstanz an, um damit ein dickeres Weichteilpolster zwischen Prothese und Hartsubstanz zu bilden. Hiermit soll die Druckbelastung auf ein erträgliches Maß reduziert werden. Bei der teilweise hohlgelegten Prothese würde dieser Prozeß dann so vonstatten gehen, daß zur Erzielung eines druckausgleichenden Polsters sich die Schleimhaut nicht erst Platz durch Resorption von Knochensubstanz schaffen müßte, sondern hierzu Platz in der hohlgelegten Prothesnbasis finden würde.

Inwieweit jedoch diese Vorstellungen zufreffend sind, und inwiefern die an der Basis teilweise hohlgelegte Totalprothese tatsächlich klinisch sich besser als die übliche Prothese bewährt, bleibt weiteren Untersuchungen vorbehalten.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Bei 11 Totalprothesenträgern wurden am Oberkiefer die während des Kauens von Vollkornbrot und Erdnüssen auftretenden Schleimhautbelastungen am Alveolarkamm in Gegend des 1. Molaren und am Gaumen in Höhe ebenfalls des 1. Molaren (Drüsenzone) gemessen. Um die Testprothesen herzustellen, wurden die neuen, nach einem Kompressionsabdruck hergestellten Totalprothesen der Probanden doubliert. In die Prothesenbasen wurde je eine Folie von 0,5 mm Stärke am Alveolarkamm und ca. 0,35 mm Stärke an der Raphe eingepreßt, die auf dem Arbeitsmodell Alveolarkamm und Raphe bedeckte. Im ersten Teil des Versuchs verblieb die Folie in der Prothesenbasis, womit die Testprothese einer auf übliche Weise hergestellten Totalprothese entsprach. Für den zweiten Teil des Versuchs wurde die Folie aus der Basis entfernt. Somit war aus der üblichen Prothese eine Prothese entstanden, deren Basis über dem Alveolarkamm und der Raphe hohlgelegt war. Mit ihr wurden nun die Meßgänge von Teil eins wiederholt und die Ergebnisse der beiden Versuchsteile miteinander verglichen. Im einzelnen sind folgende Schleimhautbelastungen ermittelt worden: Beim Kauen von Brot bzw. von Nuß und den dazugehörigen Schluckvorgängen, jeweils für die Kauseite und die Nichtkauseite, bei aktivem Kieferschluß in Zentralokklusion mit größtmöglicher Kraft und beim Trinken von Wasser. Für jeden Meßgang wurde die durchschnittliche und die maximale Schleimhautbelastung errechnet. Die Ergebnisse:

1. Beim Kauen beträgt die durchschnittliche Schleimhautbelastung unter der teilweise hohlgelegten Prothese auf der Kauseite 2,55 kp/cm^2. Sie ist damit um 47,5% geringer als bei der üblichen Prothese. Am Gaumen ist die Höhe der Belastung auf der Kauseite im Durchschnitt 1,54 kp/cm^2, eine Steigerung des Druckes um 39% gegenüber der üblichen Prothese.

2. Für die teilweise hohlgelegte Prothese beträgt die durchschnittliche Belastung der Schleimhaut beim Kieferschluß mit maximaler Kraft 1,79 kp/cm^2 am Alveolarkamm. Damit ist sie um 47% geringer als bei der üblichen Prothese. Am Gaumen steigt die Belastung bei einem Wert von 1,66 kp/cm^2 ihr gegenüber um 30,8% an.

3. Beim Schlucken der Testspeisen ist die Schleimhautbelastung unter der teilweise hohlgelegten Prothese am Alveolarkamm auf der Kauseite mit durchschnittlich 1,74 kp/cm^2 um 46% geringer, am Gaumen mit 1,85 kp/cm^2 um 30% höher als bei der üblichen Prothese. Bemerkenswert ist, daß die Schluckbelastung annähernd so hohe Werte zeigt wie die Belastung beim Kieferschluß mit größtmöglicher Kraft.

4. Beim Trinken wird die Schleimhaut unter der üblichen Prothese durchschnittlich mit 1,06 kp/cm^2 am Alveolarkamm und mit 0,64 kp/cm^2 am Gaumen belastet. Ihrgegenüber betragen die Drucke unter der teilweise hohlgelegten Prothese am Alveolarkamm 0,84 kp/cm^2, sind also um 20,8% geringer, bzw. am Gaumen bei einem Druck von 0,76 kp/cm^2 um 19% höher. Gleichzeitig wurde nachgewiesen, daß der Belastungsmodus beim Trinken sich von dem des Schluckens unterscheidet.

Die Ergebnisse zeigen, daß die an ihrer Basisfläche im Bereich des Alveolarkamms um 0,5 mm und der Raphe um ca. 0,35 mm hohlgelegte Totalprothese der auf übliche Art hergestellten in der Belastungsverteilung überlegen ist. Die Relation der Belastungsverteilung von Alveolarkamm zu Gaumen ändert sich bei der üblichen Prothese von 3 : 1 beim Kauen, Kauseite, und 2 : 1 beim Schlucken, Kauseite, zu 1,3 : 1 beim Kauen, Kauseite, und 1 : 1 beim Schlucken, Kauseite, für die teilweise hohlgelegte Prothese.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

Diemer, R. : Die physiologische Zahnbewegung
Med. Diss. Tübingen 1965

Beyer, K. : Der Einfluß unterschiedlicher Basisgestaltung auf die Belastungsverteilung unter Oberkiefertotalprothesen, dargestellt am Beispiel der gaumenbedeckten und gaumenfreien Totalprothese.
Med. Diss. Tübingen 1967

Eichner, K. : Messung der Kräfte bei Kauvorgängen
Dtsch. zahnärztl. Z. 18, 915 (1963)

Feifel, G. : Untersuchungen überdie horizontale Belastung des Alveolarfortsatzes unter Totalprothesen im Oberkiefer
Med. Diss. Tübingen 1965

Fröhlich, E. : Zur Pathologie und Therapie des sogenannten Schlotterkammes
Dtsch. zahnärztl. Z. 4, 473 (1949)

Fröhlich, E. : Das Verhalten des Kieferknochens unter dem Einfluß der schleimhautgetragenen Plattenprothese
Dtsch. zahnärztl. Z. 5, 1222 (1950)

Fröhlich, E. : Gewebsveränderungen als Folge schleimhautgetragener Prothesen
Dtsch. zahnärztl Z. 7, 107 (1952)

Fröhlich, E. : Das Verhalten der Weichteile und des Knochens unter der Totalprothese
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in Vorträgen, Heft 14, Carl Hanser - Verlag München 1953

Fröhlich, E. : Beiträge zur Ätiologie, Pathogenese und Therapie des Schlotterkamms
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde 27, 54 (1957)

Grohs, R. : Anatomisch histologische Grundlagen zum Aufbau einer totalen Prothese mit besonderer Berücksichtigung des Abdruckverfahrens
Öst. Z. Stomat. 29, 673 (1931)

Grohs, R. : Gewebsveränderungen in prothesentragenden Kiefern nebst praktischen Folgerungen
Öst. Z. Stomat. 33, 705 (1935)

Häupl, K. : Über Gewebsveränderungen und die ihnen zugrunde liegenden Vorgänge, welche von partiellen Prothesen am Kieferkamm, Zahn- und Zahnstützgewebe veranlaßt werden
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde 10, 282 (1943)

Häupl, K. : Die Berücksichtigung der Funktion bei zahn- und kieferärztlicher Tätigkeit
Zahnärztl. Mitt. 45, 380 (1957)

Häupl, K. : Die gewebliche Reaktion auf prothetische Maßnahmen
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 438 (1960)

Heintz, U. : Einige kritische Gedanken zu den Grundlagen der totalen Prothese. Kann der Kompressionsring den Gummisauger verdrängen?
Zahnärztl. Welt 7, 55 (1952)

Heintz, U. : Die totale Prothese im Lichte neuer Forschungsergebnisse
Dtsch. zahnärztl. Z. 7, 35 (1952)

Hermann, D. : Der Einfluß unterschiedlicher Abdruckverfahren auf die Belastungsverteilung unter Oberkiefer - Totalprothesen
Med. Diss. Tübingen 1964

Janke, G. : Über die Ursachen des Kammschwundes unter Prothesen
Stoma (Heidelberg) 20, 19 (1967)

Körber, E. : Untersuchungen über die Beziehungen von Kaukraft zu Schleimhautresilienz unter Prothesen
Dtsch. zahnärztl. Z. 9, 348 (1954)

Körber,E. : Untersuchungen über das Kauzentrum und den Belastungsausgleich bei Prothesen
Dtsch. zahnärztl. Z. 16, 268 (1961)

Körber, E. : Belastung des zahnlosen Kiefers durch Plattenprothesen
Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 711 (1964)

Körber, E. : Untersuchungen am Prothesenlager während des Kauens
Dtsch. Zahn-, Mund- u. Kieferheilkunde 45, 100 (1965)

Lawson, W. R. : The validity of a method used for measuring masticatory forces
J. Prosth. Dent. 10, 99 (1960)

Lund, O. : Histologische Beiträge zur Anatomie des Munddaches und Paradentiums
Vjschr. Zahnheilk. 40, 1 (1924)

Pfanzagl, J. : Allgemeine Methodenlehre der Statistik I und II
Sammlung Göschen, Bd. 746/746a
Walter de Gruyter & Co. Berlin 1966

Pfau, H. : Die Belastung einer elastischen Unterlage durch einen starren Körper im Hinblick auf einige Probleme der prothetischen Zahnheilkunde
Med. Diss. 1963

Reichenbach, E. : Die Prothese als Heilfaktor
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 263 (1960)

Rohen, J. : Zur Anatomie des Prothesenträgers
Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 1161 (1958)

Rohrbach, Ch. und Eichner, K. : Messung der Kräfte beim Kauvorgang mit Widerstandsmeßdosen von Molarengröße ohne Behinderung der Okklusion und Artikulation Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 146 (1958)

Schwickerath, H. : Elastizität und Druckverteilung Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 1266 (1960)

Stromberg, W. R. : A method of measuring forces of denture bases against supporting tissues J. Prosth. Dent. 5, 268 (1955)

Voss, R. : Der Einfluß der Elastizität, besonders der elastischen Nachwirkung der Prothesenwerkstoffe auf das Verhalten der Prothesen und des tragenden Gewebes Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 1474 (1957)

Voss, R. und Schwickerath, H. : Die Statik der totalen Platte Dtsch. zahnärztl. Z. 13, 770 (1958)

Windecker, D. : Messung des durchschnittlichen Kaukraftaufnahmevermögens mittels einer eigenstabilen Kaukraftmeßdose Dtsch. zahnärztl. Z. 19, 808 (1964)

Windecker, D. : Vergleichende Untersuchungen über das Kaukraftaufnahmevermögen von Teilprothesen und die dabei an der Prothesenbasis wirksam werdenden Kraftkomponenten Dtsch. zahnärztl. Z. 20, 370 (1965)

Zum Schluß möchte ich Herrn Professor Dr. Dr. E. Fröhlich für die Durchsicht des Manuskripts recht herzlich danken. Herrn Dozent Dr. E. Körber spreche ich für die Überlassung des Themas sowie für die freundliche Unterstützung während der Arbeit meinen besonderen Dank aus.

Lebenslauf

Am 20. September 1943 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Ernst - August Zerres und seiner Ehefrau Maria, geb. Schurer in Tübingen geboren.

Vom September 1949 bis zum März 1953 besuchte ich die kath. Volksschule in Ravensburg, daran anschließend das dortige humanistische Spohn - Gymnasium. Im April 1954 wechselte ich auf das Humanistische Gymnasium Salvatorkolleg Bad - Wurzach im Allgäu über, wo ich interner Schüler wurde und im März 1962 das Abitur bestand. Im Sommersemester 1962 begann ich an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen das Studium der Zahnheilkunde. Dort legte ich im Oktober 1964 die zahnärztliche Vorprüfung und im Juli 1967 das Staatsexamen ab.

Seit August 1967 bin ich als Assistent in der väterlichen Praxis tätig.